

# 國立交通大學

土木工程學系

碩士論文

IFC 建築空間資料轉換至 CityGML 之研究



The Conversion of IFC Building Spatial Data to CityGML

研究生：陳雅信

指導教授：史天元

中華民國九十九年一月

# IFC 建築空間資料轉換至 CityGML 之研究

## The Conversion of IFC Building Spatial Data to CityGML

研究生：陳雅信

Student：Ya-hsing Chen

指導教授：史天元

Advisor：Dr. Tian-Yuan Shin

國立交通大學



A Thesis

Submitted to Department of Civil Engineering

College of Engineering

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Civil Engineering

January 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年一月

# IFC 建築空間資料轉換至 CityGML 之研究

學生：陳雅信

指導教授：史天元

國立交通大學土木工程學系

## 中文摘要

在建築工業領域 (AEC/FM) 中已行之有年的國際標準 IFC (Industry Foundation Classes)，對建築物本身結構有十分詳細的描述及定義。以 GML 為基礎所發展出的三維城市國際標準 CityGML 也日漸成熟，為專門針對虛擬三維城市與景觀模型物件定義的展示與存取交換格式。

近年來，建築資訊模型 (Building Information Modeling, BIM) 在 AEC/FM 領域已從一個新的思維變為一股趨勢，而 IFC 作為一開放之資料交換標準格式也日漸豐富且成熟，使用 IFC 及 CityGML 將 AEC/FM 領域及 GIS 領域串連起來，以供後續 GIS 領域管理及應用，呼應 BIM 永續經營的重要概念。

兩標準格式依據不同的領域範圍 (scope) 和尺度 (scale) 所制定而成。IFC 對建築物本身有詳細的定義，針對建築物本體而言比 CityGML 描述更細微的語意模型，但是 CityGML 不僅針對建築模型，也包含周圍城市景觀模型資訊且具地理對位功能。IFC 可提供 CityGML LOD1-LOD4 的所有資訊。IFC 檔案多為精細的模型，較適合用於轉換至 CityGML LOD3-LOD4 模型。

本研究結果建立 IFC 與 CityGML 兩標準格式轉換對應關係表格，由 IFC 轉換至 CityGML LOD1-LOD3 較 LOD4 簡單。CityGML LOD4 提供了表面法及體積法描述內部房屋輪廓，且在房屋內部不可移動裝置 (IntBuildingInstallation) 及外部不可移動裝置 (BuildingInstallation)、可移動之物件如家具 (BuildingFurniture) 及一般城市物件 (GenericCityObject) 等分類較為模糊，不同操作者會有不同成果。

# **The Conversion of IFC Building Spatial Data to CityGML**

**Student : Ya-hsing Chen**

**Advisor : Dr. Tian-Yuan Shin**

**Department of Civil Engineering**

**National Chiao Tung University**

## **Abstract**

The use of IFC (Industry Foundation Classes) is becoming more prevalent in AEC industry. IFC is a fine-grained model, in terms of representation of building elements. CityGML (City Geography Markup Language) is a common semantic information model for the representation of 3D urban objects that can be shared over different applications. CityGML is designed as an open data model and XML-based format for the storage and exchange of virtual 3D city models. It is implemented as an application schema of the GML3 (Geography Markup Language 3).

Commercial software for conversion from IFC to CityGML and vice versa is in development and will become a trend. The two standard formats according to different areas of the scope and scale. IFC contains all necessary information for representation of buildings in different LODs of CityGML model. IFC only provides the information about building but CityGML also can store the information about landscape models.

This research collect and build the corresponding forms between IFC and CityGML. The Conversion of IFC building spatial data to CityGML LOD1-LOD3 is easier than to CityGML LOD4. CityGML LOD4 provides two kinds of method to describe the inner part of buildings including the and Boundary Surface method and the Solid method. The classess of IntBuildingInstallation, BuildingInstallation, BuildingFurniture and GenericCityObject in CitGML are not defined clearly. It means different operators may cause the different conversions.

## 誌謝

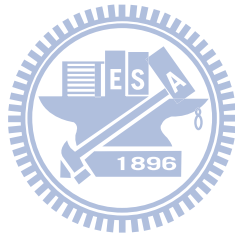
衷心感謝史天元老師這段時間的教導與關懷；感謝口試委員江渾欽老師、曾義星老師及張智安老師的指導使我的論文更臻完善。

感謝書瑋、彥瑤、映慈、子珈、郁文、冠瑜、佳其和王麗青這些高中老友們，感謝大學時的學長姐及好友們。

感謝小悶、建成、a毛、逸如、小亨利、芳諭、卡拉、千惠、美芳、凱程、洵頡及學弟妹們，很幸運能夠在研究所遇到你們並得到你們的幫助。

感謝家人包容嬌縱任性的我，願意付出源源不絕的愛和關懷，你們是我能夠完成論文的最大動力。

這當然不是一個句點，我期待未來所有會發生的事、遇見的人們甚至是更多複雜的選擇和難關。



2010.02 深夜 新竹

# 目錄

中文摘要 .....	I
英文摘要 .....	II
誌謝 .....	III
目錄 .....	IV
圖目錄 .....	VI
表目錄 .....	VIII
第一章 前言 .....	1
1-1 研究背景 .....	1
1-2 研究動機與目的 .....	2
1-3 文獻回顧 .....	3
1-4 研究方法 .....	5
1-5 研究範圍與資料來源 .....	5
1-6 論文架構 .....	6
第二章 工業基礎類別標準 .....	7
2-1 建築資訊模型介紹 .....	7
2-2 工業基礎類別標準介紹 .....	8
2-2-1 工業基礎類別標準背景起源 .....	9
2-2-2 工業基礎類別標準組成 .....	9
2-2-3 規範化數據描述 .....	11
2-2-4 實體檔案格式 .....	12
2-2-5 空間結構 .....	14
2-2-6 幾何模型 .....	20
2-2-7 描述物件方式 .....	22
第三章 城市地理標記語言 .....	24
3-1 地理標記語言簡介 .....	24
3-1-1 地理標記語言組成 .....	24
3-1-2 地理標記語言文件格式 .....	26
3-1-3 地理標記語言幾何成型、坐標關係及單位系統 .....	27

3-2	城市地理標記語言簡介 .....	27
3-2-1	城市地理標記語言特性 .....	27
3-2-2	細緻度等級 .....	28
3-2-3	核心模組 .....	29
3-2-4	主題模組 .....	30
3-2-5	建物模組 .....	31
3-2-6	空間組成關係 .....	34
第四章	實作及成果展示 .....	35
4-1	本研究使用軟體 .....	35
4-1-1	支援 IFC 的免費軟體 .....	35
4-1-2	支援 CityGML 的免費軟體 .....	36
4-2	IFC 與 CityGML 之比較 .....	36
4-2-1	兩者背景比較 .....	36
4-2-2	兩格式物體成型比較 .....	37
4-2-3	IFC 建築元件 .....	39
4-2-4	CityGML 建築元件 .....	41
4-3	實作流程 .....	43
4-3-1	案例一：FZK-House .....	43
4-3-2	案例二：Office Building .....	50
4-3-3	案例三：Smiley West .....	52
4-4	IFC 轉換至 CityGML .....	56
4-4-1	語意資訊轉換 .....	56
4-4-2	IFC 轉換至 CityGML LOD1 .....	57
4-4-3	IFC 轉換至 CityGML LOD2 .....	58
4-4-4	IFC 轉換至 CityGML LOD3 .....	59
4-4-5	IFC 轉換至 CityGML LOD4 .....	61
4-5	小結 .....	63
第五章	結論與建議 .....	66
	參考文獻 .....	68

## 圖目錄

圖 1-1、根據不同尺度及領域範圍定義之模型語言 (KIT,2009) .....	2
圖 1-2、IFC 轉換至 CityGML LOD1-LOD4 示意圖 (Gröger et al., 2008) .....	4
圖 1-3、QUASY 模型(左)、IFC 與 QUASY 建築元件對應表(右) (Benner et al., 2005) .....	4
圖 1-4、IFC 模型實例 (KIT, 2008) .....	5
圖 2-1、水立方體育館(左); 天津港郵輪國際碼頭(右) .....	8
圖 2-2、IFC 結構圖 (Liebich et al., 2009) .....	10
圖 2-3、IFC 資料部分內容.....	14
圖 2-4、IFC 空間結構組成圖 (Liebich, 2009) .....	14
圖 2-5、IFC 空間結構中彼此連接關係 (Liebich et al., 2009) .....	15
圖 2-6、IfcSite 提供緯度、經度及海拔高(Liebich et al., 2009) .....	17
圖 2-7、空間結構與建築元件間連接關係 (Liebich et al., 2009) .....	19
圖 2-8、IFC 中以 IFCSIUnit 屬性來定義單位.....	20
圖 2-9、邊界表示法成型圖例.....	21
圖 2-10、sweep 成型法(徐業良, 2005).....	21
圖 2-11、CSG 基本實體(左)、實體間的布林運算(右)(徐業良, 2005).....	22
圖 2-12、以樹狀描述 IFC 資訊, 使用 IfcQuickBrowser 開啟檔案.....	23
圖 2-13、牆面例子.....	23
圖 2-14、IFC 記錄一牆面之程式碼.....	23
圖 3-1、GML 的組成與其間的關係 (鄧東波, 2006) .....	25
圖 3-2、GML 文件內容 .....	26
圖 3-3、CityGML 組成關係 (Gröger et al., 2008) .....	28
圖 3-4、CityGML 所定義 LOD0-LOD4 圖例 (Gröger et al., 2008) .....	29
圖 3-5、CityGML 核心模組 (Gröger et al., 2008) .....	30
圖 3-6、CityGML 由一核心模組與數個主題模組所組成 (Gröger et al., 2008) .....	30
圖 3-7、AbstractBuilding 空間繼承關係 .....	31
圖 3-8、BoundarySurfaces (左), opening 間建築元件的關係(右)(Gröger et al., 2008) .....	32
圖 3-9、LOD4 增加房屋內部資訊 (Gröger et al., 2008) .....	33
圖 3-10、建物模組組成結構示意圖 (Kolbe, 2007) .....	33



圖 4-1、單一牆面模型實例.....	37
圖 4-2、IFC 牆面資訊.....	38
圖 4-3、CityGML 牆面資訊.....	38
圖 4-4、IFC 資訊交換層 (Liebich et al., 2009) .....	39
圖 4-5、FZK-House.....	43
圖 4-6、Office Building.....	50
圖 4-7、Smiley West.....	53
圖 4-8、IFC 轉換至 CityGML LOD1.....	57
圖 4-9、IFC 轉換至 CityGML LOD2.....	59
圖 4-10、IFC 中牆面與門窗間的空間連結關係.....	59
圖 4-11、IFC 轉換至 CityGML LOD3.....	60
圖 4-12、IFC 轉換至 CityGML LOD4.....	61
圖 4-13、內部房屋空間以體積表示.....	62
圖 4-14、內部房屋空間以邊界平面表示.....	63



## 表目錄

表 2-1、支援 IFC 商業軟體.....	8
表 2-2、IFC 資料格式.....	13
表 2-3、IFC 標頭檔實例 (Häfele, 2008) .....	13
表 2-5、IfcProject 內所含資訊種類.....	16
表 2-6、IfcSite 內所含資訊種類.....	16
表 2-7、IfcBuilding 內所含資訊種類.....	18
表 2-8、IfcBuildingStorey 內所含資訊種類.....	18
表 3-1、AbstractBuilding 所定義的語意主題 (修改自 Gröger et al., 2008) .....	31
表 4-1、IFC 與 CityGML 兩格式之比較.....	37
表 4-2、IfcSharedBldgElements 實體資訊 (Liebich et al., 2009) .....	40
表 4-3、IfcSharedBldgServiceElements 實體資訊 (Liebich et al., 2009) .....	41
表 4-4、CityGML 屬性資料.....	42
表 4-5、CityGML 邊界表面類別.....	42
表 4-6、CityGML 可開關建築元件類別.....	42
表 4-7、CityGML 建築裝置類別.....	42
表 4-8、IFC 檔案資本資訊(FZK-House) (KIT, 2009) .....	43
表 4-9、CityGML 檔案資本資訊(FZK-House) (KIT, 2009) .....	43
表 4-10、IFC 實體組成列表(FZK-House) .....	44
表 4-11、IFC 與 CityGML LOD1 轉換關係類別對應(FZK-House).....	44
表 4-12、IFC 與 CityGML LOD2 轉換關係類別對應(FZK-House).....	45
表 4-13、FZK-House LOD2 類別組成關係.....	45
表 4-14、IFC 與 CityGML LOD3 轉換關係類別對應(FZK-House).....	46
表 4-15、FZK-House LOD3 類別組成關係.....	46
表 4-16、IFC 與 CityGML LOD4 轉換關係類別對應(FZK-House).....	47
表 4-17、FZK-House LOD4 (表面法) 類別組成關係.....	48
表 4-18、FZK-House LOD4 (體積法) 類別組成關係.....	49
表 4-19、IFC 檔案資本資訊(Office Building) (KIT, 2009) .....	50
表 4-20、CityGML 檔案資本資訊(Office Building) (KIT, 2009) .....	50

表 4-21、IFC 實體組成列表(Office Building).....	51
表 4-22、IFC 與 CityGML LOD4 轉換關係類別對應(Office Building).....	51
表 4-23、Office Building LOD4 (體積法) 類別組成關係.....	52
表 4-24、IFC 檔案資本資訊(Smiley West) (KIT, 2009) .....	53
表 4-25、CityGML 檔案資本資訊(Smiley West) (KIT, 2009) .....	53
表 4-26、IFC-CityGML 實體組成列表(Smiley West) .....	53
表 4-27、IFC 與 CityGML LOD4 轉換關係類別對應(Smiley West) .....	54
表 4-28、Smiley West LOD4 (表面法) 類別組成關係.....	55
表 4-29、Smiley West LOD4 (體積法) 類別組成關係.....	56
表 4-30、IFC 轉換至 CityGML LOD1 對應類別.....	57
表 4-31、IFC to CityGML LOD2 .....	59
表 4-32、IFC to CityGML LOD3 .....	60
表 4-33、IFC to CityGML LOD4 .....	62
表 4-34、IFC 與 CityGML 檔案大小比較表.....	63
表 4-35、常用之建築元件轉換-CityGML 至 IFC .....	64
表 4-36、IfcSlab 所記錄建築物表面種類.....	65



# 第一章 前言

## 1-1 研究背景

近年來在三維城市模型方面的研究與日俱增，許多的大城市都已三維模型化且應用廣泛，如都市計畫、防災、觀光、導航、環境模擬和電信業。三維城市模型中最重要的一個部份就是三維建築物。傳統上的應用如規畫手機網路或防洪只需要低精度的幾何模型，著重在分析方面的應用，幾乎不需要語意資訊。但在近幾年旅遊、商業、都市計畫領域蓬勃發展，需要更精密更細緻的城市模型（Umit et al., 2006）。

三維建模工具和展示平台工具呈百家爭鳴狀態，但商業展示平台多具有獨立性，導致無法在平台間互相流通，必須制定一個共同的規範使不同商業軟體間的異質資料格式可以在共同認定的環境中相互交流溝通。

由於建立及維持三維建築模型需要大量的時間及財力，若有一個適當的標準格式可在不同的軟體平台上來進行資料的交換及共享，便可以大大提升實用價值且應用於更寬廣的領域。語意模型（Semantic model）則是解決此問題的絕佳方法。

1994 年buildingSmart開始發展工業基礎類別標準（Industry Foundation Classes，IFC），欲制定一標準來實踐建築資訊模型（Building Information Modeling，BIM）的理念（buildingSMART, 2009）。2002 年歐洲以德國為首開始發展城市地理標記語言（City Geography Markup Language，CityGML），此為一專門針對虛擬三維城市與景觀模型物件定義的展示與存取交換格式（CityGML, 2009）。

在最近幾年，大部分的虛擬三維城市模型都是以純圖形或幾何製作，卻忽略語意和位相方面的表現。這些模型基本上只能用於純視覺方面的用途，並不能滿足主題查詢、分析和空間資料採擷等方面的需求。由於缺乏再使用性，導致模型應用的範圍受到很大的限制，於是必須建立一種能夠滿足各種不同應用所需要的資訊的通用建模方法（Kolbe, 2007）。

## 1-2 研究動機與目的

城市中最重要代表為建築物，而建築物由建築元件所組成，為能在不同平台系統間分享及流通資訊，城市模型、建築物及建築元件皆需要一套公開的標準，這些標準根據尺度（Scale）及領域範圍（Scope）不同而有所區別，如圖 1-1 所示。

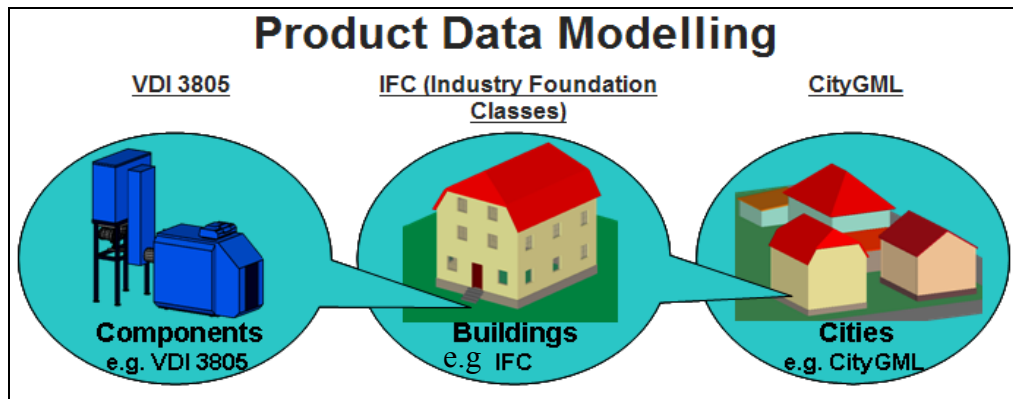


圖 1-1、根據不同尺度及領域範圍定義之模型語言（KIT, 2009）

在建築工業設計領域（Architecture、Engineering and Construction/Facilities management，AEC/FM）發展成熟的國際標準IFC，對建築物本身結構有十分詳細的描述及定義，而歐洲以德國為首所發展出的三維城市國際標準CityGML也日漸成熟，為專門針對虛擬三維城市與景觀模型物件定義的展示與存取交換格式。

近年來許多有關整合建築資訊模型（Building Information Modeling，BIM）及地理資訊系統（Geographic Information System，GIS）模型的研究，在建築工業設計領域與GIS領域的兩大語意模型分別為IFC及CityGML。在這兩大語意模型間的語意轉換框架尚未被詳細定義，若能建立這兩大模型間的轉換框架便可以節省大量資料蒐集的時間和浪費的人力及財力（Umit et al., 2006）。

本論文研究目的如下：

1. 釐清BIM與IFC間的關係，了解IFC架構及組成方法。
2. 釐清GML與CityGML間的關係，了解CityGML架構及組成方法。
3. 從IFC中萃取CityGML LOD1-LOD4，四個紋理細緻度（Level of Details，LOD）所需要的資訊。
4. 建立兩者間轉換對應關係、建立轉換框架。

### 1-3 文獻回顧

IFC與CityGML都是開放的標準格式，多用來作為資訊交換的中間產物，且使用一般文字編輯器即可閱讀。無論在AEC/FM領域或GIS領域的使用者，皆有其原本使用的軟體，一般不會直接撰寫此兩種格式語言，但使用者還是需要了解此兩種語意模型的結構、描述建築物資訊的方法，才能有效率的獲取需要的資訊，以供後續應用。

針對三維建築物而言，IFC和CityGML是目前兩大語意模型，若能自IFC萃取出CityGML四個LOD層級（LOD1-LOD4）所需之資訊，可以避免重複蒐集資料的浪費，且有利於作後續管理及在GIS領域中的應用（Umit et al.,2006）。為整合AEC/FM領域及GIS領域，2004年起buildingSMART與ISO TC211 共同研究將IFC擴充至可提供GIS資訊，初步透過比較IFC及GML兩格式，找出兩者對應關係（Liebich, 2004）。

Karlsruhe Institute of Technology (KIT) 為德國一研究機構，目前正在開發IFC與CityGML轉換軟體「IfcExplorer」，預期提供IFC與CityGML兩格式互相轉換之功能，如圖 1-2 所示，目前軟體仍在研發中，未向外界正式發佈。

QUASY (Quartierdaten-Managementsystem) 則是與CityGML結構相似的語意模型，與IFC有做初步的類別對應，如圖1-3所示，但缺乏後續發展，僅停留在構想程度（Benner et al., 2005）。

2007年時開放式地理資訊聯盟（Open Geospatial Consortium, OGC）的OWS-4（Web Services, Phase 4）計畫其中一部分為整合CAD（Computer-aided design）、GIS（Geographic Information System）及BIM三大領域。針對IFC與CityGML間的流通轉換提出初步的構想（OWS-4 CAD/GIS/BIM, 2007）。

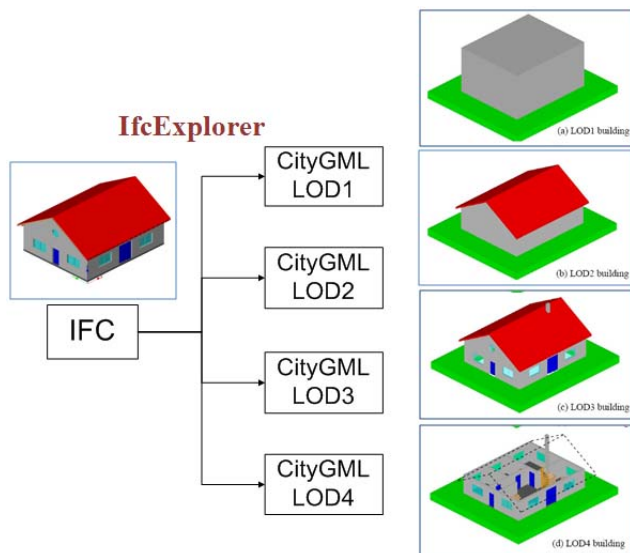


圖1-2、IFC轉換至CityGML LOD1-LOD4示意圖 (Gröger et al., 2008)

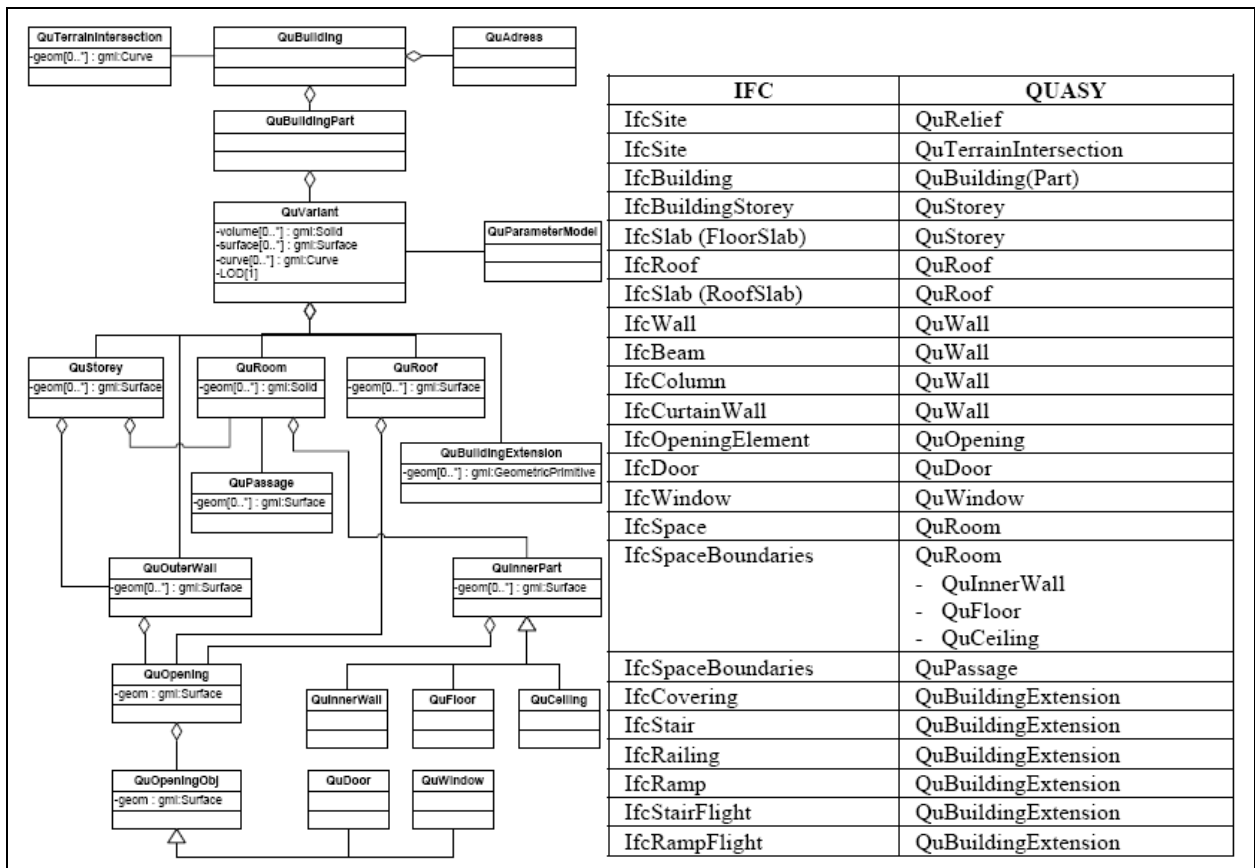


圖 1-3、QUASY 模型(左)、IFC 與 QUASY 建築元件對應表(右) (Benner et al., 2005)



## 1-4 研究方法

第一部分為BIM介紹，並將IFC分為背景、實體檔案格式組成、幾何模型等進行詳細闡述。

第二部分為GML介紹，並將CityGML分為背景、實體檔案格式組成、幾何模型等進行詳細闡述。

第三部分為統整及分析IFC及CityGML的差異。

第四部分為列出進行從IFC萃取CityGML LOD1-LOD4 所需要資訊，建立兩者針對建築元件之間的對應關係。

## 1-5 研究範圍與資料來源

本研究之範圍主要針對三維建築物之外觀形狀，著重於從IFC單方向之CityGML LOD1-LOD4 資訊之圖形轉換。

本研究使用之IFC建物模型資料下載自KIT的VR-Systems，以FZK-House、Office Building 及Smiley West 三個模型進行兩種資料格式轉換之對應比較研究，如圖 1-4 所示。

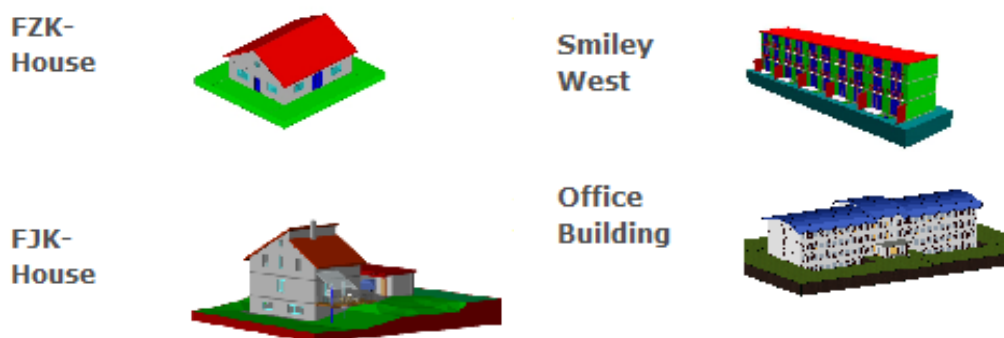


圖 1-4、IFC 模型實例 (KIT, 2008)



## 1-6 論文架構

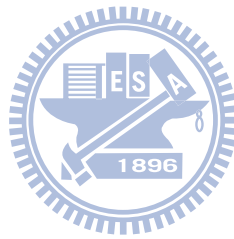
第一章「前言」：研究背景、研究動機與目的、研究方法、論文架構。

第二章「工業基礎類別標準」：介紹BIM及IFC，分為背景、實體檔案格式組成、幾何模型、語意模型等多方面詳細闡述並加以分析。

第三章「城市地理標記語言」：介紹GML及CityGML，分為背景、實體檔案格式組成、幾何模型、語意模型等多方面詳細闡述並加以分析。

第四章「實作及成果展示」：比較IFC及CityGML在實體檔案格式、幾何模型、語意模型等各方面組成的差異。另一部分為自IFC轉換到CityGML對應之定義，兩格式的比較和轉換對應的呈現。

第五章「結論與建議」：研究成果總結與建議。



## 第二章 工業基礎類別標準

buildingSMART (前身為International Alliance for Interoperability, IAI) 於 1994 年開始發展工業基礎類別標準 (Industry Foundation Classes, IFC) 這個語意模型, 目前發布的版本為 2x4\_beta2 (buildingSMART, 2009)。

### 2-1 建築資訊模型介紹

電腦輔助繪圖設計系統 (Computer-Aided Design and Drafting, CADD) 主要以繪製幾何圖形資訊為主, 從這些輸出的幾何圖形中無法直接取得有意義的資訊, 必須經由人員判讀才能轉為有用的資訊, 而 BIM 系統能夠由資訊模型中直接取得所需資訊。

建築資訊模型 (Building Information Modeling, BIM) 的初步概念約在 1970 年代提出, 而其可以做為動詞或名詞解釋, 做為動詞表示在一個一致且可共享的平台上去整合設計、建造和維持建築資訊, 同時包括幾何和非幾何資訊; 做為名詞為經由軟體在電腦上呈現出來的建築資訊, 同時包括幾何和非幾何資訊, 通常為三維且為物件導向概念 (buildingSMART, 2009)。

BIM 賦予沒有屬性的圖形物件建築元件名稱, 建立建築元件的圖形資訊與實際建築物件間的關係。BIM 綜合所有的幾何模型資訊、功能要求和建築元件性能, 將一個建築專案整個生命週期內的所有資訊整合到一個單獨的建築模型中, 而且還包括施工進度、建造過程、維護管理等相關資訊。

BIM 採用參數化設計方式, 操作的物件不是簡單的點、線及面, 而是牆、門、窗、梁及柱等建築元件。在螢幕上建立和修改的是由一個個建築元件組成的建築物整體, 整個設計過程就是建立和修改各種建築元件的參數。

BIM 軟體所創建的資訊模型都具有以下兩個特徵:

- 由參數定義的、互動的建築元件。
- 即時的二維、三維顯示和參數模型編輯。

BIM 最關鍵的優勢是能夠把不同專業間的資訊統一到一個完整的數值模型當中, 同

時能夠在不同時間段把方案的改變動態顯現在模型當中，使業主設計方、施工方、物業營運管理方可以在建築生命週期中的不同階段分享和改進方案。

BIM 目前在美國的發展已經日益成熟。由於 2008 年中國舉辦北京奧運，許多場館使用 BIM 觀念設計建造，打開在中國的廣大市場，如圖 2-1 所示，CCDI 設計集團所設計的水立方和 2009 年 4 月中國首屆 BIM 建築設計大賽中獲獎的天津港郵輪國際碼頭 (Autodesk Solutions for BIM, 2009)。



圖 2-1、水立方體育館(左)，天津港郵輪國際碼頭(右)

相對於BIM是一個概念，IFC為一個語意模型，以IFC這個公開的標準格式為基礎實現BIM的理念。BIM是引領建築業資訊技術走向更高層次的一種新技術，使設計和整個工程的品質和效率顯著提高，成本降低。近年來BIM不僅僅侷限於建築物 (building)，漸漸轉向包含公共建設 (Build Infrastructure)，表示另一個BIM時代的來臨。

## 2-2 工業基礎類別標準介紹

IFC在AEC/FM領域發展趨於成熟，為不同工業領域的國際交換資料標準。其最大優點為互操作性 (Interoperability)，也就是可在不同系統平台間分享及流通資訊。IFC提供非常詳細的結構元件描述三維建築物。

目前支援BIM的概念，可匯入及匯出IFC格式之商業軟體，包含表 2-1 所示。

表 2-1、支援IFC商業軟體

公司	軟體名稱	支援 IFC2x3
Graphisoft	ArchiCAD 13	
Bentley	Bentley Architecture V8i	
Autodesk	Autodesk Revit Architecture 2010	
Nemetschek	VectorWorks 2010	

### 2-2-1 工業基礎類別標準背景起源

buildingSMART 是一個國際性的非營利組織，主要的目標是訂定跨平台協同作業國際標準及分享建築資訊模型。1994 年 8 月，12 家美國軟體公司聯合起來希望建立一套標準。1995 年 10 月正式成立 IAI (International Alliance for Interoperability) 組織，並逐漸將他們的理想推廣到全世界，目前在全世界已擁有 13 個分會、22 個會員國。IAI 已於 2006 年改稱為 buildingSMART。IFC 是一種公開的資訊交換標準，目的在使整個建築物生命週期所有資訊能夠整合在一個 BIM 中，讓生命週期中所有軟體能夠共享及交換資訊。

ISO 組織(International Organization for Standardization)已經接納 IFC 標準(ISO/PAS 16739, 可出版應用版本) 成為 AEC/FM 領域中的資料統一標準。作為應用於 AEC/FM 各個領域的資料模型標準，IFC 模型不僅僅包括實體的建築元素，如牆、梁、柱等等，也包括抽象的概念，如計畫、空間、組織、造價等。

IFC 運用 BIM 概念實現建築生命週期資訊共用的基礎，此一標準解決資訊交換與共用問題的出路。有統一的標準，資料就可以使用此共同語言在不同系統之間流通及轉換 (buildingSMART, 2009)。

### 2-2-2 工業基礎類別標準組成

IFC 標準由許多 Schema 所組成，這些 Schema 按照物件導向的觀念和原則，透過參照與繼承關係，組成一個包含四個觀念層級(Conceptual Layers)的架構：資源層(Resource Layer)、核心層(Core Layer)、資訊交換層(Interoperability Layer)以及領域/應用層(Domain Layer)，每個層級只能引用本身或下層的資訊，如此上層資訊變動時就不會影響到下層的資訊，可保持資訊的穩定，如圖 2-2 所示 (蔡志偉，2007)。

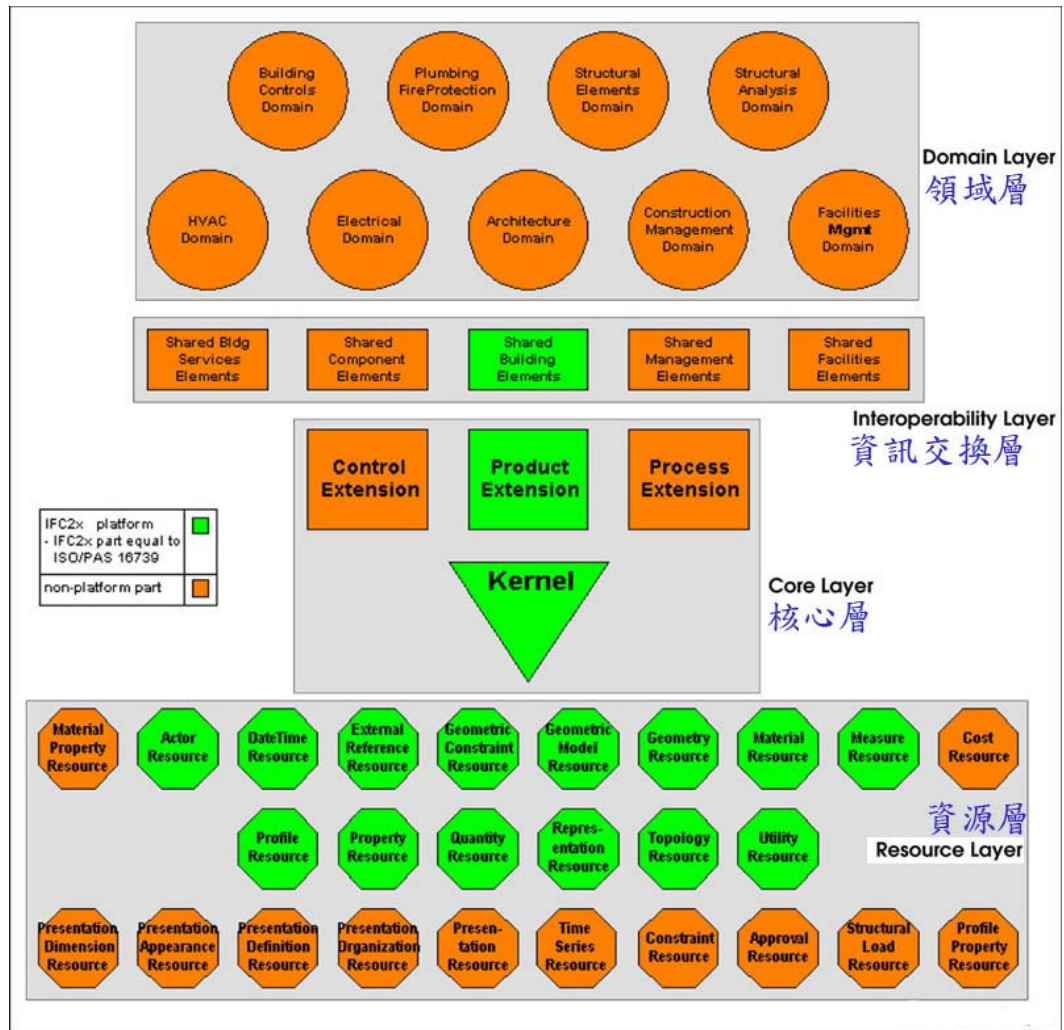


圖 2-2、IFC 結構圖 (Liebich et al., 2009)

- 資源層 (Resource Layer)

資源層為 IFC 架構之最低層級。所定義的類別為一般性的低階觀念與物件，提供較高層次的實體參考資源層。

在 IFC Release 2.0 中所制定的資源層綱目包含量測資料 (measure)、輔助資料 (utility)、幾何資料 (geometry)、物件性質 (property) 以及物件性質型別 (property type)。



- 核心層 (Core Layer)

核心層為 IFC 架構的第二層級，定義 IFC 基礎的實體，此層的實體定義許多共同的介面 (interface)，可由資訊交換層或專業領域層的實體參考或繼承。提供 IFC 物件模型的基本結構並且定義大部份的抽象觀念。

此層又可細分內核層 (Kernel) 與產品延伸層 (Product Extension)。內核層定義最基礎的實體，這些實體不限定在 AEC/FM 領域，並只能參考資源層的實體，例如定義產品具有位置與形狀描述這兩個屬性。產品延伸層定義較高階的實體，繼承自內核層的實體，而且都是屬於 AEC/FM 領域，例如：建築物實體。

- 資訊交換層 (Interoperability Layer)

資訊交換層定義不同領域/應用層模型之間所共用的觀念或物件模組。包含共享建築元件 (IfcSharedBldgElements) 及共享建築服務元件 (IfcSharedBldgServiceElements) 等類別。此層定義能夠在 AEC/FM 領域內做資訊交換的共同實體，例如：牆、樑、柱、門、窗等資訊；並且各個專業領域可將其資訊附加於此層的實體上，例如：樑柱上可能有材料資訊、施工/完工日期、結構分析結果等資料。

- 領域/應用層 (Domain/Application Layer)

領域/應用層為 IFC 架構的最高層級，定義 AEC/FM 內各專業領域的實體，提供營建和設施管理領域所需要的物件模型。最新的 IFC 標準包含以下 9 個建築領域：建築領域、結構分析領域、結構構件領域、電氣領域、施工管理領域、物業管理領域、暖通空調系統 (Heating, Ventilating and Air Conditioning, HVAC) 領域、建築控制領域、管道以及消防領域。

### 2-2-3 規範化數據描述

IFC 標準本質上是建築物和建築工程數據的定義。採用 EXPRESS 語言做為數據描述語言，定義所有用到的數據。EXPRESS 是一種塑模語言 (Wilson, 1998)，為 ISO 10303-11 標準的規範，如 STEP (Standard for the Exchange of Product model data)、CIS/2 (CIM Steel Integration Standards/Version 2) 和 IFC 都是以此為定義進行資料交換

(NIST, 2009)。EXPRESS是為數據描述而設計的語言，著重點在數據描述和定義，EXPRESS語言是不可以編譯執行的。

EXPRESS 塑模語言定義下四種資料型態：Defined Type、Enumeration、Select Type 及 Entity (樊啟勇, 2007)。

- Defined Type：用於表示基礎資料型態。
- Enumeration：用於表示狀態或類型，其值只能屬於定義的內容之一，所定義的內容將以文字型式存在。
- Select Type：這是一種比較特殊的資料型態，必須屬於內容定義的資料型態之一，與Enumeration不同的是，其內容就是一種資料型態，此資料型態可以為 Defined Type或是 Entity，而不是單純表示狀態的文字。
- Entity：它是IFC規格中最複雜也最重要的資料型態，可以視為物件導向的類別，能包含各種屬性、繼承其他實體以及定義成抽象資料類型，並可以描述一些法則，這是IFC表達資訊最主要的方式。

在IFC標準中描述建築產品方面的資訊，是目前對建築物資訊描述最全面、最詳細的規範，所以其中包含的資訊量是非常大且豐富的。




IFC的整體分為四個層次，每個層次又包含數個模組。但一般的應用開發人員，不需要了解IFC標準內容的全部，在清楚整體框架和核心結構(定義於核心層)的情況下，只需要了解對應部分即可。例如想了解幾何資訊，便可以在資源層的幾何模組中查找。

IFC標準定義的是建築工程資料間的邏輯。例如定義牆面與門間的關係或牆面與窗間的關係等 (Liebich, 2009)。

#### 2-2-4 實體檔案格式

與 IFC 標準配套的數據文件格式有兩種，一為符合 IFC 標準的 STEP 中性格式文件，定義於 ISO 10303 Part21 中，二為 XML 文件格式的數據交換，兩者並無不同。IfcXML XSD schema 是由 EXPRESS 所產生，定義於 ISO10303-28ed2。一個 IFC 模型可由以下三種資料類型進行讀取及編寫，如表 2-2 所示。

表2-2、IFC資料格式

 .ifc	依據 ISO10303-21 標準，使用 STEP 實體檔案結構。此為一般的 IFC 交換格式。
 .ifcXML	使用 XML 文件結構呈現資料，依據 ISO10303-28 標準。 .ifcXML 檔案大小會比.ifc file 大三到四倍。
 .ifcZIP	壓縮檔案格式，使用 PKzip 2.04g 壓縮演算法，檔案大小為.ifc 的 60-80%；.ifcXML 的 90-90%。

一般而言\*.ifcXML 會比\*.ifc 檔案大四到八倍，但因為 FZKViewer 等免費軟體可支援讀取 XML 語言，目前已經發布 ifcXML XSD\_2X3。

為讓使用IFC描述的資訊模型能夠在軟體間進行資訊交換，故需要一個電子檔案格式描述資訊模型。目前IFC的建築資訊模型有兩種主要的電子實體檔案格式: STEP實體檔案及ifcXML格式，市面上支援IFC的軟體主要以STEP實體檔案為主，亦為本研究使用的格式。\*.ifc檔案分為標頭檔案（header）及資料檔案（data）（Häfele, 2008）。

標頭部份包含一些檔案的基本資料，有檔案敘述、作者、IFC版本等資料，主要分為file\_description、file\_name、file\_schema三大項目，實例如表2-3。

表2-3、IFC標頭檔實例（Häfele, 2008）

FILE_DESCRIPTION	例子	說明
description	ViewDefinition[CoordinationView]	一般的view definition定義
implementation_level	2;1	詳見ISO10303-21，通常在IFC檔案中寫為2;1。
FILE_NAME	例子	說明
name	C:\MAI_Test_Building.ifc	IFC輸出檔路徑。
time_stamp	2010-01-01T10:28:37	IFC輸出檔產生的時間。
author	Anita Chen, anitachen508@hotmail.com	作者
organization	Anita Chen	所屬組織的管理者，自行定義
preprocessor_version	ECCO Toolkit Version V 3.2.1	產生IFC檔案之工具。
originating_system	IfcExplorer Version 2.2a (Build 437)	使用軟體名稱
authorization	Anita Chen	IFC檔授權者
schema_identifiers	IFC2X3	IFC schema名稱。



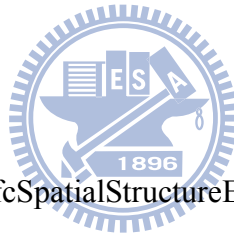
在資料主體的部分，描述建築物的詳細資訊。檔案可以直接用文字編輯軟體開啟，但是物件關係複雜，建議使用G.E.M.Team Solutions開發的IfcQuickBrowser，此軟體可將IFC檔案以樹狀方式呈現，方便查找檔案。

每一行程式碼皆有一個不與其他行重複的id，而在等號的右邊則是描述此實體的詳細資訊。對於（非必須）屬性，若其內容不存在，則使用“\$”符號代替。如圖2-3為IFC資料部分擷取內容，用以定義單位。

```
DATA;
#30= IFCSIUNIT(*,LENGTHUNIT,,$,METRE.);
#31= IFCSIUNIT(*,AREAUNIT,,$,SQUARE_METRE.);
#32= IFCSIUNIT(*,VOLUMEUNIT,,$,CUBIC_METRE.);
#33= IFCSIUNIT(*,PLANEANGLEUNIT,,$,RADIAN.);
#34= IFCMEASUREWITHUNIT(IFCPLANEANGLEMEASURE(0.017453293),#33);
#35= IFCDIMENSIONALEXPONENTS(0,0,0,0,0,0);ENDSEC;
```

圖2-3、IFC資料部分內容

### 2-2-5 空間結構



IFC建築模型的空間結構（IfcSpatialStructureElement）包含四個子類別：IfcProject、IfcSite、IfcBuilding、IfcBuildingStorey，如圖2-4所示。彼此以IfcRelAggregates這個抽象的屬性連接，如圖2-5所示，#10 IfcRelAggregates連接了#1 IfcProject與#3 IfcSite。

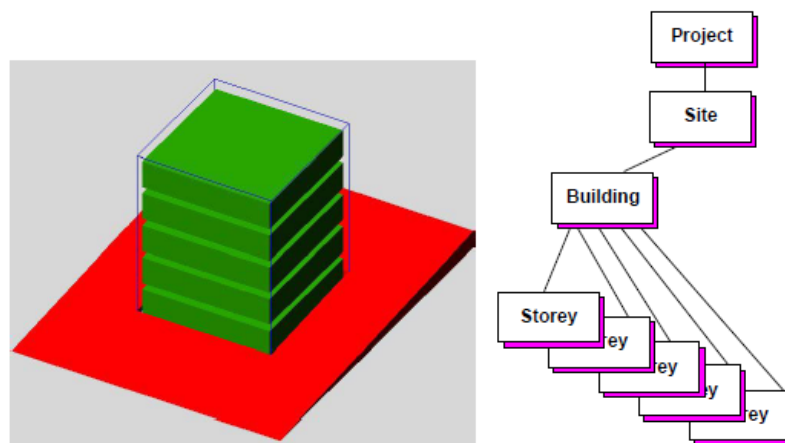


圖2-4、IFC空間結構組成圖（Liebich, 2009）

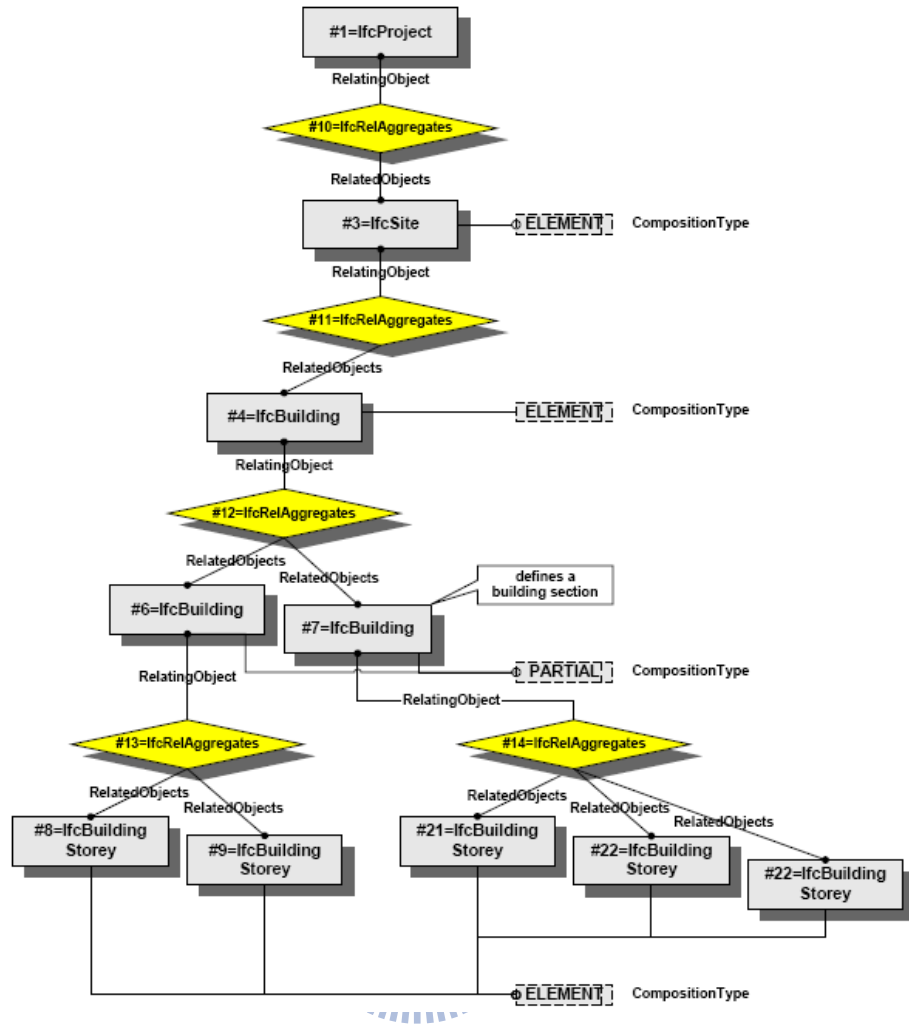


圖 2-5、IFC 空間結構中彼此連接關係 (Liebich et al., 2009)

## ● IfcProject

表示一個建築專案的相關資訊，為IFC建築資訊模型最上層的實體，每個模型只能擁有一個IfcProject。如表2-4所示，定義的重要資訊包含預設單位、世界坐標系統（絕對坐標）、數值的精確度。一個IfcProject內共包含九個屬性值，在括號內以逗號分隔，如 '3wfK57qarEtuan9j9dA6EY' 為IFC軟體隨機產生之全域唯一識別碼，#29為所參考的各項歷史紀錄。

表2-4、IfcProject內所含資訊種類

#70= IFCPROJECT('3wfK57qarEtuan9j9dA6EY',#29,'Project-Smiley-West','Reihenhaeuser in Karlsruhe',,\$,\$,'Build',(#67,#223,#269),#42);	
GlobalId	全域唯一識別碼，由匯出IFC軟體隨機產生。
OwnerHistory	所參考的各項歷史紀錄，如檔案來源、建立時間及轉換媒介等。
Name	名稱，（非必須）
Description	描述，（非必須）
ObjectType	類型，（非必須）
LongName	用途，（非必須）
Phase	工作階段，（非必須）
RepresentationContexts	相關幾何資訊代碼，如世界坐標系統、真北方向的訂定等。括號中的代碼最少一個，最多則無限制。
UnitsInContext	單位資訊代碼，如長度單位、面積單位及體積單位等等。

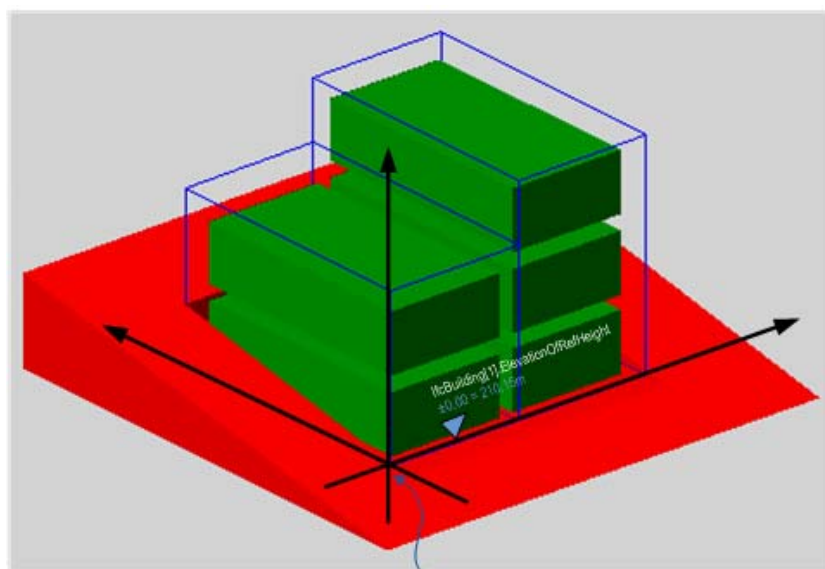
● IfcSite

表示一個工程位址的相關資訊，包含包含其位置（相對於絕對坐標），位址的地形描述、經緯度及以海平面起算之高程值。IfcProject與IfcSite為組合與分解關係，使用IfcRelAggregates連接，一個IfcProject能夠由數個IfcSite組成。IfcSite中共有十四個屬性，在括號內以逗號分隔，如表2-5為IfcSite之例子及其包含屬性對照表。

表2-5、IfcSite內所含資訊種類

#11752= IFCSITE('2BBYvWPmD8wez4fr2Me1fS',#29,'Gelaende-Smiley-West','Einfaches Gelaendemodell','LandUse',#11749,#11745,\$,.ELEMENT.,(52,31,0),(13,24,0),\$,\$,\$);	
GlobalId	全域唯一識別碼，由匯出IFC軟體隨機產生。
OwnerHistory	所參考的各項歷史紀錄，如檔案來源、建立時間及轉換媒介等。
Name	名稱，（非必須）
Description	描述，（非必須）
ObjectType	類型，（非必須）
ObjectPlacement	所參照之相對位置與方向的代碼。
Representation	物件幾何或位相表現方式
LongName	用途
CompositionType	類型
RefLatitude	緯度，（非必須）
RefLongitude	經度，（非必須）
RefElevation	海拔，（非必須）
LandTitleNumber	編號，（非必須）
SiteAddress	位址，（非必須）

在IFC中，可藉由IfcSite提供一經緯度及海拔高，如圖 2-6 所示。除由IfcSite定義絕對坐標外，其他物件皆僅表示相對關係。



IfcSite.ObjectPlacement = IfcLocalPlacement  
for information purpose equal to: RefLongitude, RefLatitude, RefHeight  
Referring to degree, minute, seconds (with fractions) given in WGS84: 15°52'23.34"; 53°21'12.34", 210.15m

圖2-6、IfcSite提供緯度、經度及海拔高 (15°52'23.34", 53°21'12.34", 210.15m)  
(Liebich et al., 2009)

## ● IfcBuilding

表示一棟建築物的相關資訊，包含其位置（相對於IfcSite的位置）、外觀、建築物高度等資訊。IfcSite與IfcBuilding為組合分解關係，使用IfcRelAggregates連接，一個IfcSite能夠由數個IfcBuilding組成。IfcBuilding中共有十二個屬性質，在括號內以逗號分隔，如表2-6為一實例及其包含屬性對照表。

表2-6、IfcBuilding內所含資訊種類

#764= IFCBUILDING('2hQBAVPOr5VxhS3Jl0O47h',#29,'FZK-Haus','FZK-Haus create by KHH / IAI / FZK','Wohnhaus',#761,\$,\$,ELEMENT.,\$,\$,);	
GlobalId	全域唯一識別碼，由匯出IFC軟體隨機產生。
OwnerHistory	所參考的各項歷史紀錄，如檔案來源、建立時間及轉換媒介等。
Name	名稱，（非必須）
Description	描述，（非必須）
ObjectType	類型，（非必須）
ObjectPlacement	所參照之相對位置與方向的代碼。
Representation	物件幾何或位相表現方式
LongName	用途
CompositionType	類型
ElevationOfRefHeight	建築物海拔，由一樓地板開始計算。
ElevationOfTerrain	基底海拔
BuildingAddress	建築物位址，多因郵政目的而給定

● **IfcBuildingStorey**

表示一個樓層的相關資訊，包含位置(相對於IfcBuilding的位置)、外觀、樓層高(相對於IfcBuilding的高度)。IfcBuilding和IfcBuildingStorey為組合分解關係，使用IfcRelAggregates連接，一個IfcBuilding能夠由數個IfcBuildingStorey組成。

IfcBuildingStorey中共有十個屬性，在括號內以逗號分隔，如表2-7為一實例及其包含屬性對照表。

表2-7、IfcBuildingStorey內所含資訊種類

#780= IFCBUILDINGSTOREY('3XCneI9iz229MqbsDmyZvc',#29,'Erdgeschoss',\$,\$,#777,\$,\$,ELEMENT.,0.);	
GlobalId	全域唯一識別碼，由匯出IFC軟體隨機產生。
OwnerHistory	所參考的各項歷史紀錄，如檔案來源、建立時間及轉換媒介等。
Name	名稱，（非必須）
Description	描述，（非必須）
ObjectType	類型，（非必須）
ObjectPlacement	所參照之相對位置與方向的代碼
Representation	物件幾何或位相表現方式，（非必須）
LongName	用途，（非必須）
CompositionType	類型
Elevation	高程值

- **IfcBuildingElement**

IfcBuildingElement 定義具有實體建築元件，為抽象資料類型，所有 ShareBuilding-Elements (資訊交換層) 的實體都是其子類別，包含: IfcBeam (樑)、IfcColumn (柱)、IfcMember (桿件)、IfcDoor (門)、IfcWall (牆)、IfcSlab (板)、IfcStair (樓梯)、IfcRoof (屋頂)、IfcPile (樁)、IfcFooting (基礎) 等。

IfcBuildingElement 與 IfcSite、IfcBuilding、IfcBuildingStorey 為空間連結關係，如圖 2-7 所示，使用 #12 IfcRelContainedInSpatialStructure 連接 #6 IfcBuilding 及 建築元件 #10 IfcStair、#8 IfcBuildingStorey 連接 #11 IfcWall。

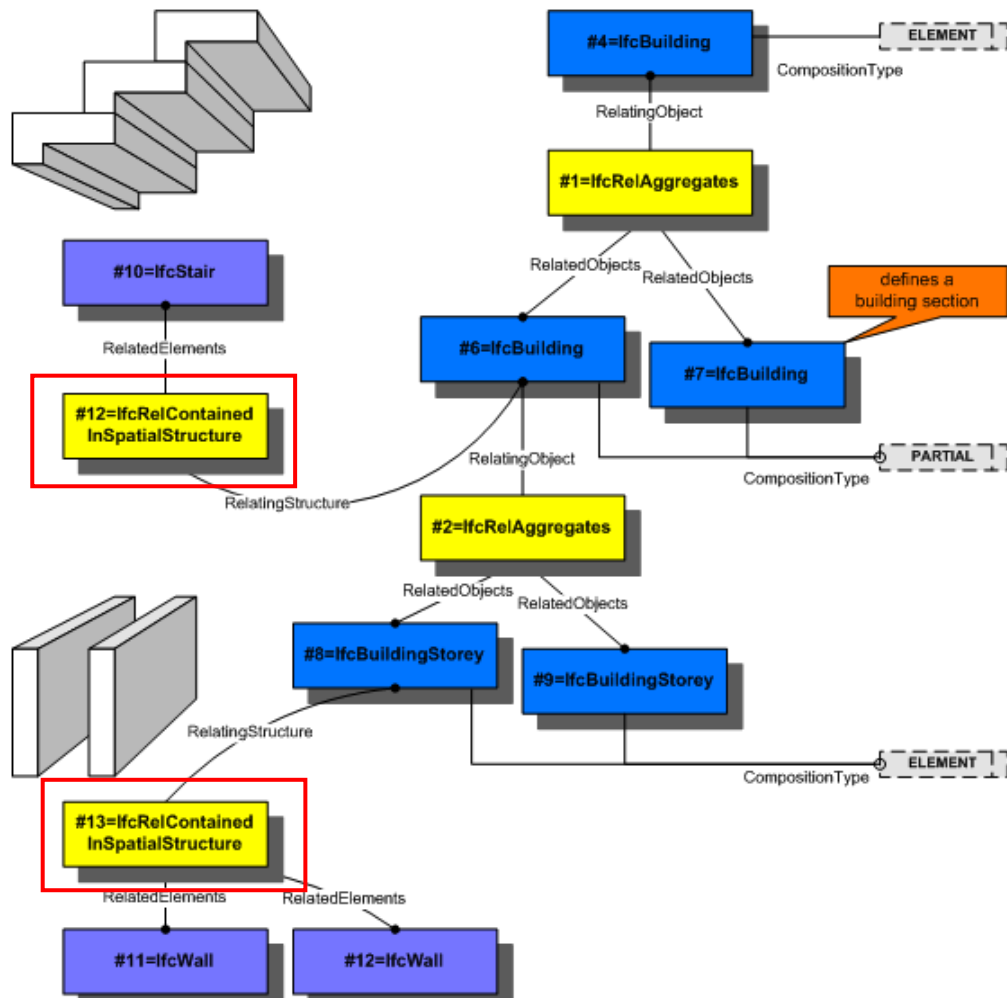


圖 2-7、空間結構與建築元件間使用 IfcRelContainedInSpatialStructure 來連接 (Liebich et al., 2009)

- 單位系統

在IFC文件中以IfcSIUnit定義不同單位，最後IfcUnitAssignment將各個分別定義的單位連接起來，如圖 2-8 所示，#30 至#40 定義如長度以公尺為單位、面積以平方公尺為單位、時間以秒為單位等，最後再合併至#42 屬性內，

```
#42= IFCUNITASSIGNMENT((#30.#31.#32.#37.#38.#39.#40));  
#30= IFCSIUNIT(*,.LENGTHUNIT.,$, .METRE.);  
#31= IFCSIUNIT(*,.AREAUNIT.,$, .SQUARE_METRE.);  
#32= IFCSIUNIT(*,.VOLUMEUNIT.,$, .CUBIC_METRE.);  
#33= IFCSIUNIT(*,.PLANEANGLEUNIT.,$, .RADIAN.);  
#37= IFCSIUNIT(*,.SOLIDANGLEUNIT.,$, .STERADIAN.);  
#38= IFCSIUNIT(*,.MASSUNIT.,$, .GRAM.);  
#39= IFCSIUNIT(*,.TIMEUNIT.,$, .SECOND.);  
#40= IFCSIUNIT(*,.THERMODYNAMICTEMPERATUREUNIT.,$, .DEGREE_CELSIUS.);
```

圖 2-8、IFC 中以 IfcSIUnit 屬性來定義單位系統

## 2-2-6 幾何模型的表現與建構



IFC在幾何成型的範圍廣泛，包含由一連串的閉合面所組成的立體模型、擠壓掃出以及建構實體模型。

- 邊界表示法

邊界表示法（Boundary Representation，Brep，Foley et al., 1995），以構成物體邊界的面為定義物體的基礎，一個實體以面構成，而每一個面以邊構成，邊以點構成，點透過坐標值定義，如圖 2-9 所示。



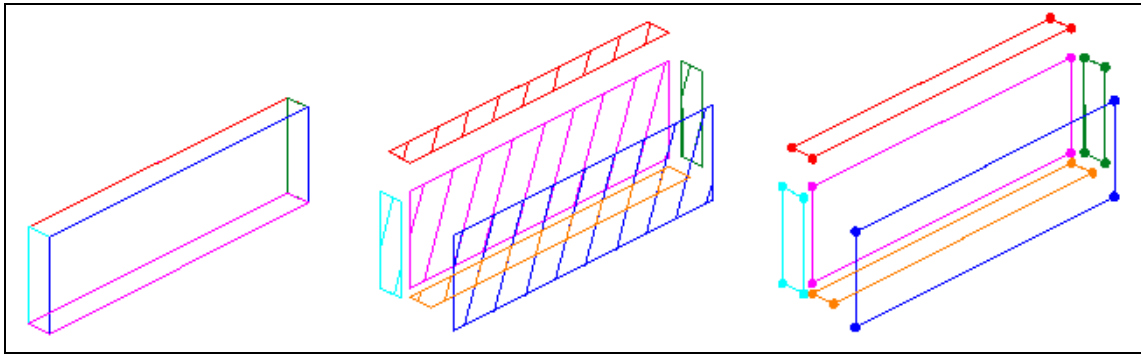


圖 2-9、邊界表示法成型圖例

邊界表示法的優點為資料結構清楚而完整，然而邊界表示法最大的問題，是其建構的程序過於複雜，必須記錄所有端點坐標，由點構成面、面構成一個簡單立體。

邊界表示法中幾何實體邊界面的定義，理論上可以是任意自由曲面，然而為避免增加資料結構的複雜性，如Autodesk 3ds Max等電腦輔助設計軟體還是將曲面轉換成小片平面邊界表示 (faceted Brep) 來處理，如用許多小片平面近似圓柱的曲面和球的曲面。

- 掃出表示法

產生一個實體的另一方式為先繪出一個二維斷面後利用掃出表示法 (Sweep Representation)。這個斷面可以由直線或曲線構成，而延伸方向可為斷面的垂直向量線性掃出 (linear sweep) 或事先定義之曲線非線性掃出 (nonlinear sweep)，或者兩者之組合混合掃出。如圖 2-10 所示。掃出實體非常適合建構二維半幾何實體，如實體斷面在一厚度方向保持不變可以由線性掃出中的移動掃出 (translational sweep) 產生，若為軸對稱的實體可以由線性掃出中的轉動掃出 (rotational sweep) 產生。

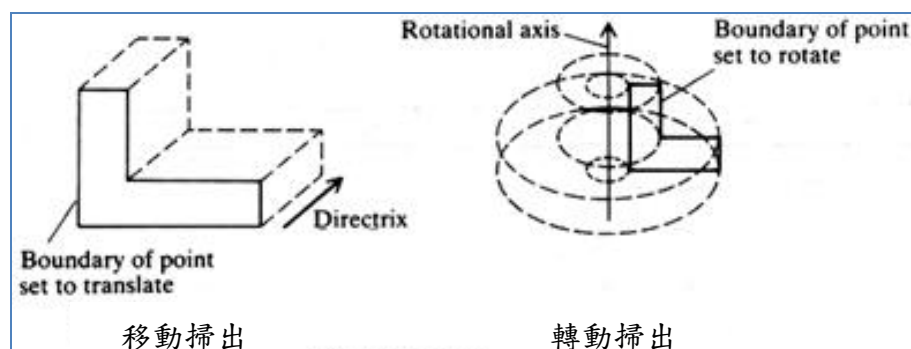


圖 2-10、sweep 成型法(徐業良，2005)



- 建構實體幾何

常見的基本實體形式有方塊 (block)、圓柱 (cylinder)、球體 (sphere)、圓錐體 (cone)、圓環 (torus)、楔形塊 (wedge)。建構實體幾何 (Constructive Solid Modeling, CSG) (Foley et al., 1995) 是基於位相的概念，原理是將基本幾何實體 (primitive) 以一連串布林運算程序 (聯集、交集、差集等) 組合成一個實體模型，如圖 2-11(左)所示。

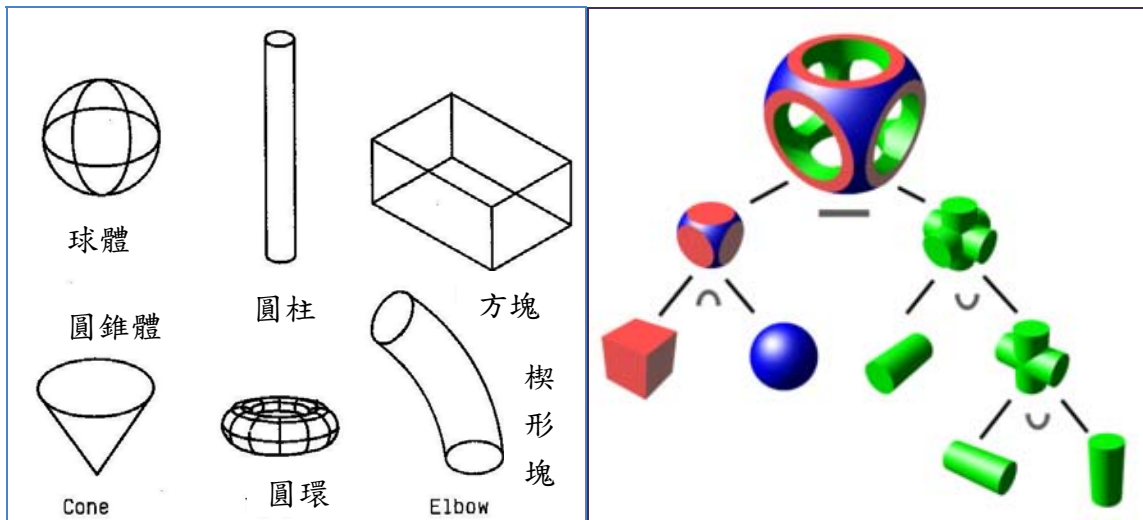


圖 2-11、CSG 基本實體(左)、實體間的布林運算(右)(徐業良，2005)

CSG 常使用樹狀方式表達幾何實體建構方式，稱作 CSG 樹狀圖，如圖 2-11(右)所示。CSG 樹狀圖中每一個分支是一個基本幾何實體，而每一個分支交會的節點，則記錄其相互的布林運算關係，以此方式能清楚的表示一個幾何實體建構的過程。

建構擠出實體後，也能利用布林運算的方式結合擠出實體構成實體模型。如牆、門及窗戶的組成。如 ArchiCAD、Autodesk Revit Architecture 等軟體，也提供特別的功能，讓使用者可以將常用的幾何實體預先建構好且儲存起來，下一次建構工作可以直接叫出來，用布林運算的方式做結合，增加建立模型的速度 (徐業良，2005)。

### 2-2-7 描述物件方式

IFC 描述物件的方式為實體間互相參照，以 #Number 為索引鍵，當屬性的內容須參考下一個實體時，必須一直參考下去，直到最後有實值的部份，如坐標、字串為止，如圖 2-12 所示，當描述一物件位置如 #10153，最後使用坐標描述切確位置如 #56。

```

#10150= IFCAXIS2PLACEMENT3D(#10146,#52,#10142);
#10153= IFCLOCALPLACEMENT(#777,#10150);
#10156= IFCWALLSTANDARDCASE('16DNNqzfp2thtfaOfivsKA',#29,'Wand-Ext-ERDG-4',,$,$,#10153,#10227,'A6C3DE63-3731-4F6A-94-7E-DE8A8295779F');
#29= IFCOWNERHISTORY(#28,#5,$,NOCHANGE,,$,$,1214902009);
#28= IFCPERSONANDORGANIZATION(#15,#22,$);
#15= IFCPERSON('007',Haefele,'Karl-Heinz',,$,$,$,(#5,#9,#12));
#6= IFCPOSTALADDRESS('HOME','Home Address','private','Germany',,$,3640,'Karlsruhe','Baden-Wuerttemberg',76021,'Germany');
#9= IFCPOSTALADDRESS('OFFICE','Office Telecom Address','official','Building 445',,$,$,Eggenstein-Leopoldshafen,'B.-W.',76344,'Germany');
#12= IFCPOSTALADDRESS('OFFICE','Office Postal Address','official','Germany',,$,3640,'Karlsruhe','Baden-Wuerttemberg',76021,'Germany');
#22= IFCORGANIZATION('','Karl-Heinz Haefele','Forschungszentrum Karlsruhe',(#18),(#19));
#5= IFCAPPLICATION(#1,'11.0','ArchiCAD 11.0','ArchiCAD');
#1= IFCORGANIZATION('GS','Graphisoft','Graphisoft',,$,$);
#10153= IFCLOCALPLACEMENT(#777,#10150);
#777= IFCLOCALPLACEMENT(#761,#774);
#761= IFCLOCALPLACEMENT(#747,#60);
#747= IFCLOCALPLACEMENT($,#60);
#60= IFCAXIS2PLACEMENT3D(#56,#52,#44);
#774= IFCAXIS2PLACEMENT3D(#56,#52,#44);
#56= IFCARTESIANPOINT((0,0,0));
#52= IFCDIRECTION((0,0,1));
#44= IFCDIRECTION((1,0,0));
#10150= IFCAXIS2PLACEMENT3D(#10146,#52,#10142);
#10146= IFCARTESIANPOINT((12,0,0));
#52= IFCDIRECTION((0,0,1));
#10142= IFCDIRECTION((-1,0,0));
#10227= IFCPRODUCTDEFINITIONSHAPE($,$,(#10187,#10220));
#10187= IFCSHAPEPERREPRESENTATION(#229,'Axis','Curve2D',(#10183));
#229= IFCGEOMETRICREPRESENTATIONCONTEXT('Plan','Model',3,1.0000000E-5,#60,#225);
#60= IFCAXIS2PLACEMENT3D(#56,#52,#44);
#225= IFCDIRECTION((6.1230318E-17,1));
#10183= IFCPOLYLINE((#10175,#10179));
#10175= IFCARTESIANPOINT((0,0));
#10179= IFCARTESIANPOINT((12,0));
#10220= IFCSHAPEPERREPRESENTATION(#67,'Body','SweptSolid',(#10217));
#67= IFCGEOMETRICREPRESENTATIONCONTEXT('Plan','Design',3,1.0000000E-5,#60,#63);
#60= IFCAXIS2PLACEMENT3D(#56,#52,#44);
#56= IFCARTESIANPOINT((0,0,0));
#52= IFCDIRECTION((0,0,1));
#44= IFCDIRECTION((1,0,0));
#63= IFCDIRECTION((6.1230318E-17,1));
#10217= IFCEXTRUDEDAREASOLID(#10213,#10214,#52,2.7);
#10213= IFCARBITRARYCLOSEDPROFILEDEF('AREA',,$,#10209);
#10214= IFCAXIS2PLACEMENT3D(#56,#52,#44);

```

圖2-12、以樹狀描述IFC資訊，使用IfcQuickBrowser開啟檔案

圖2-13為一面牆之實例，圖2-14為紀錄屬性資訊、物體位置及物體如何成型，使用IfcOwnerHistory (#29) 來記錄屬性資訊、IfcLocalPlacement (#10153) 來記錄物體位置、IfcProductDefinitionShape (#10227) 記錄物體成型。

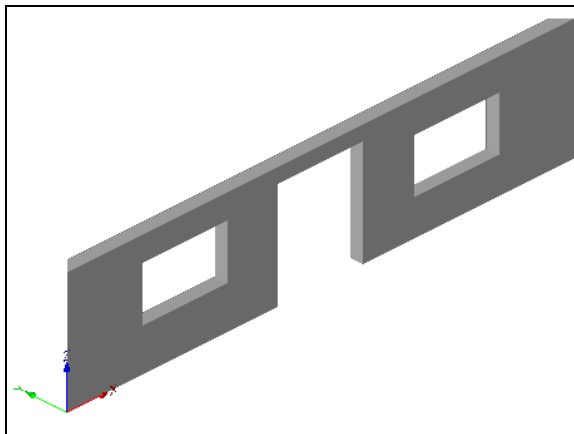


圖2-13、牆面例子

```

#10156= IFCWALLSTANDARDCASE('16DNNqzfp2thtfaOfivsKA',#29,'Wand-Ext-ERDG-4',,$,$,#10153,#10227,$);
#29= IFCOWNERHISTORY(#28,#5,$,NOCHANGE,,$,$,1214902009);
#10153= IFCLOCALPLACEMENT(#777,#10150);
#10227= IFCPRODUCTDEFINITIONSHAPE($,$,(#10187,#10220));

```

圖2-14、IFC記錄一牆面之程式碼

## 第三章 城市地理標記語言

城市地理標記語言(CityGML)為地理標記語言(Geography Markup Language, GML)的應用綱要，需透過必要的物件定義與合適的編碼格式進行資料編碼。CityGML用於展示及交換三維城市及景觀模型資訊，目前已為一國際標準格式。

開發 CityGML 的目的就是要得到一個能夠在不同應用之間共用的通用模型，以定義基本實體、屬性及其之間的關係。應可降低三維城市模型的維護成本，將同一份資料於不同的領域應用如城市規劃、建築設計、觀光旅遊、環境模擬、電信、災難管理、國家安全、車輛及步行導航、訓練模擬等。

### 3-1 地理標記語言簡介

開放式地理資訊系統協會(Open Geospatial Consortium, OGC)為扮演制定開放式規範的組織，是一個成立於1994年的非營利、國際自發性的標準統一組織，且擁有280個以上的成員，來自於資訊產業團體、政府機關和大學研究機構等(鄧東波，2006)。

ISO是制定各種形式標準的國際組織。自1994年以來，ISO的TC211技術委員會一已經為地理資訊制定一系列標準。GML是由OGC及ISO TC211所制定的一種全球標準，現行版本為GML 3.2.1，於2007年8月發佈(張書亮等，2008)。

#### 3-1-1 地理標記語言組成

GML為延伸標記語言(eXtensible Markup Language, XML)的實作規格(Implementation Specification, IS)，用於交換及儲存地理資料。GML只是提供一個描述地理對象的框架，而不是直接定義像道路、河流這樣的特定對象。

GML為開放性資料格式，不受任何商業軟體限制，結構是以XML編碼為基礎，並且利用XML可擴充的特色，訂定許多描述地理資料之標籤。

GML文件由三個部份組成，分別為OGC所公佈的GML Schema、由不同應用領域，根據他們需求所定義的GML 應用綱目（Application Schema）和來自於資料生產單位並根據GML 應用綱目之架構產生之文件，該文件並提供給使用者，如圖3-1所示。

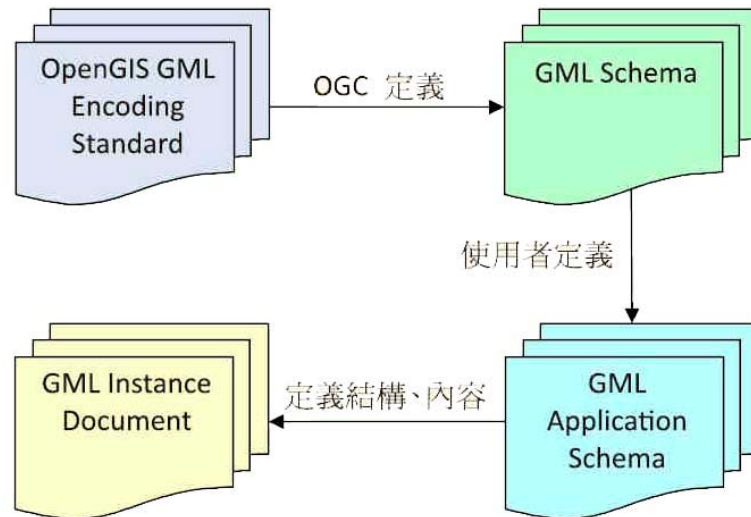


圖 3-1、GML 的組成與其間的關係（鄧東波，2006）

GML中採用圖徵（Feature）描述世界環境，一個圖徵由一系列的屬性及幾何圖形所組成。

GML 3加強地理空間資料之表達上所需的型態與方式，支援了多種物件以描述地理資訊之相位關係、幾何性質、坐標參考系統、時間屬性值、多種比例尺、詮釋資料、網格資料、和對地形及區域做視覺化處理所需的預設樣式。

GML以OGC的簡單地理圖徵（simple feature）為基礎，定義出不同基礎空間幾何物件，這些空間物件屬於「簡單」的幾何性質，其坐標定義於二維或三維空間，且曲線的定義需要透過特定內插（線性或非線性）來描述。常見的GML幾何物件如：Point、LineString、Curve、Polygon、Surface、Solid等等（黃旭初，2002）。

對於多樣的地理物件，GML可以提供許多描述的方式，如圖徵、空間座標系統、幾何關係、位相關係、時間、單位和一般值等。支援空間和非空間屬性的物件，可讓使用者根據自己需求定義GML profiles。GML3包含整合日本的G-XML。

### 3-1-2 地理標記語言文件格式

GML中所有幾何物件皆透過一系列坐標來描述。利用GML的規定將現行的點、線、面關係以文字檔的方式來編譯儲存，以方便網路傳輸、公開資料格式及編修。

GML提供地理空間資料表達上所需的型態與方式，支援多種已定義物件，以描述地理資訊的幾何性質、位相關係、坐標參考系統等等，這些物件皆定義於GML核心綱要（Core Schema）。

- 宣告文件

由於GML是以XML為基礎所發展的標示語言，因此GML必須為格式正確的XML文件，並且通過XML Schema文件的驗證，在文件開端就必須宣告XML文件版本、定義文字編碼以及在根節點中宣告標籤的名稱空間與XML Schema。

- 定義資料涵蓋範圍

<gml:boundedBy>標籤為紀錄文件所涵蓋空間範圍之邊界，以屬性srsName記錄目前的空間參考系統（Spatial Reference System）的名稱。最後記錄邊界左下及右上坐標值，可節省許多不必要的查詢時間。



圖3-2、GML文件內容

### 3-1-3 地理標記語言幾何成型、坐標關係及單位系統

觀測結果通常以數量表示，但沒有單位的數字是沒有意義的。GML3.0定義一系列的XML Schema呈現測量數量、單位和觀測結果，如units.xsd、measures.xsd、value Object.xsd、observation.xsd。

不同的幾何模型分別定義在五個不同的Schema文件中，即GeometryBasic0d1d.xsd、GeometryBasic2d.xsd、GeometryAggregates.xsd、GeometryPrimitives.xsd、以及GeometryComplex.xsd。前三個Schema文件包含幾個最常用的線性幾何圖型，且能相容於GML2.x版，後兩個綱要文件則包含新的非線性幾何圖型。

- 坐標系統

Pos屬性為定義直接位置，代表相對於坐標參考系統（Coordinate Reference System，CRS）的坐標。坐標參考系統是唯一可以連結不同空間物件的方法，Pos中提供direction和srsName為兩個可選擇使用的屬性。

- 單位系統

GML使用uom屬性說明測量單位，所定義的Schema文件為units.xsd（張書亮等，2008）。

## 3-2 城市地理標記語言簡介

CityGML 定義城市中最有代表性意義的地形物件和局部模型的幾何（geometry）、位相（topology）、語意（semantic）和外觀（appearance）的特性。

CityGML 實現基於XML格式的用於存儲及交換虛擬3D城市模型的開放資料模型，它在Geography Markup Language 3（GML3）的基礎上實現，為一個可供使用者免費使用的開放標準。

### 3-2-1 城市地理標記語言特性

CityGML是一個開放的資料模型，其目的在儲存和交換虛擬3D城市模型。

德國北萊茵-西發里州大地數據基礎建設組織（Geodata Infrastructure North-Rhine



Westphalia, GDI NRW) 的3D特別小組 (Special Interest Group 3D, SIG 3D) 於2002年開始發展CityGML, 目的就是要得到一個能夠在不同應用之間共享的通用模型, 用於定義基本實體、屬性及其之間的關係。若能明確定義目標應用領域, 將同一份數據依照不同需求分享給不同領域, 就可以降低成本 (Gröger et al., 2008)。

CityGML 包含一般的階層在物件間的語意的層級、集成關係和空間特性。這些語意資訊能夠更深一層的圖形交換模式, 以及可以允許利用虛擬三維城市模型為高度發展的分析任務在不同的應用領域, 像是模擬、開採城市資料、機構管理、主題查詢。

CityGML可分為核心模組 (core module) 及主題模組 (thematic extension modules), 核心模組描述CityGML的基本概念及組成元件, 而主題模組則是虛擬三維城市中數個特定領域, 如圖3-3所示, 垂直的模組定義城市不同領域的資訊, 如建築物、植被等, 而水平的模組可為垂直的模組所使用。

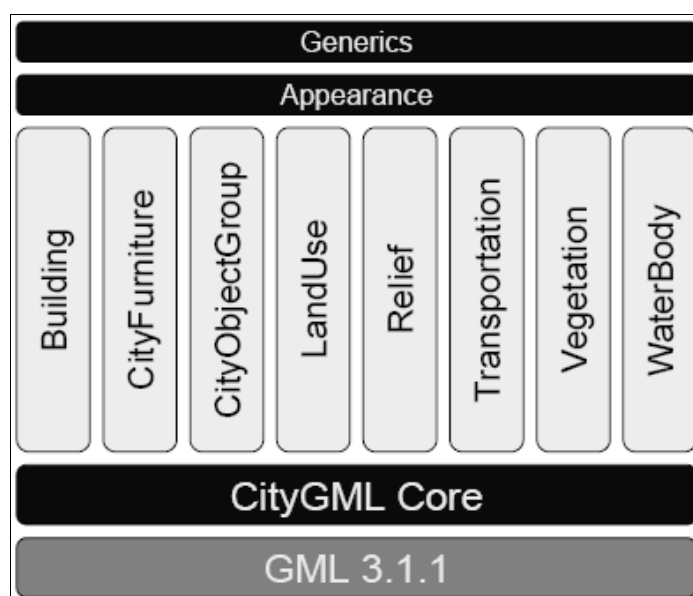


圖3-3、CityGML組成關係 (Gröger et al., 2008)

### 3-2-2 細緻度等級

CityGML定義五個連續的細緻度層級 (Level of Detail, LOD)。OGC提出三維城市模型細緻度等級的概念, 建置者可依據實際的應用需求, 建置不同細緻度等級之三維城市模型, 如圖3-4所示。

- LOD0：2.5D數值地形模型，套疊航空影像或二維地圖，精度約5公尺。
- LOD1：積木模型（Block Model），不包含屋頂結構，平面與高程精度優於5公尺。
- LOD2：具屋頂結構模型（Roof Structure Model），LOD1 加上各類屋頂結構並依主題面（樓層、結構、建築樣式）分別敷貼對應之牆面紋理，平面與高程精度提升至 2 公尺。
- LOD3：外部建築模型（Outside Architectural Model），精緻程度為模型等級，包含房屋附屬物及建築細節（屋簷、陽台），平面與高程精度低於 0.5 公尺。
- LOD4：內部建築模型（Interior Architectural Model），自房屋外部結構衍生至房屋內部構造，包含房間、門、樓梯及家具，平面與高程精度需優於 0.2 公尺（Gröger et al., 2008）。

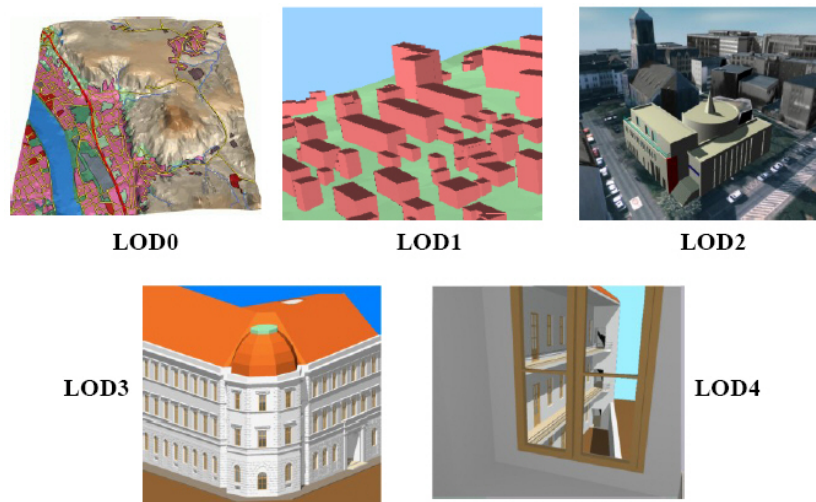


圖 3-4、CityGML 所定義 LOD0-LOD4 圖例（Gröger et al., 2008）

### 3-2-3 核心模組

CityGML為模組化的資料結構，以一個核心模組（Core module）與數個主題模組所組成。核心模組定義最基礎的基本元件，如圖3-5所示，基礎的抽象類別為CityObject。主題模組則是包含城市模型中不同的主題領域。



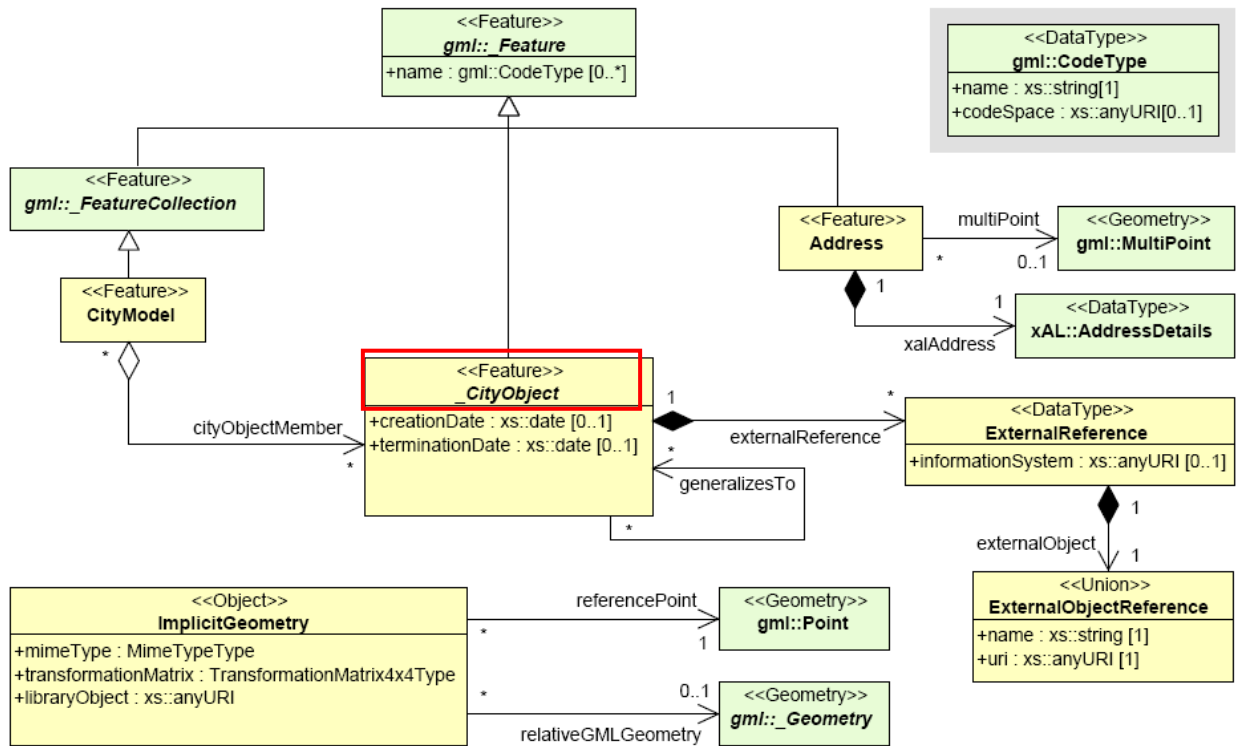


圖 3-5、CityGML 核心模組 (Gröger et al., 2008)

### 3-2-4 主題模組



CityGML 中共有 11 個主題模組 (Thematic module)：Appearance、Building、CityFurniture、CityObjectGroup、Generics、LandUse、Relief、Transportation、Vegetation、Water Body 和 TexturedSurface，如圖 3-6 所示。而建築物模組 (Building) 是 CityGML 中描述最詳細的主題模組。

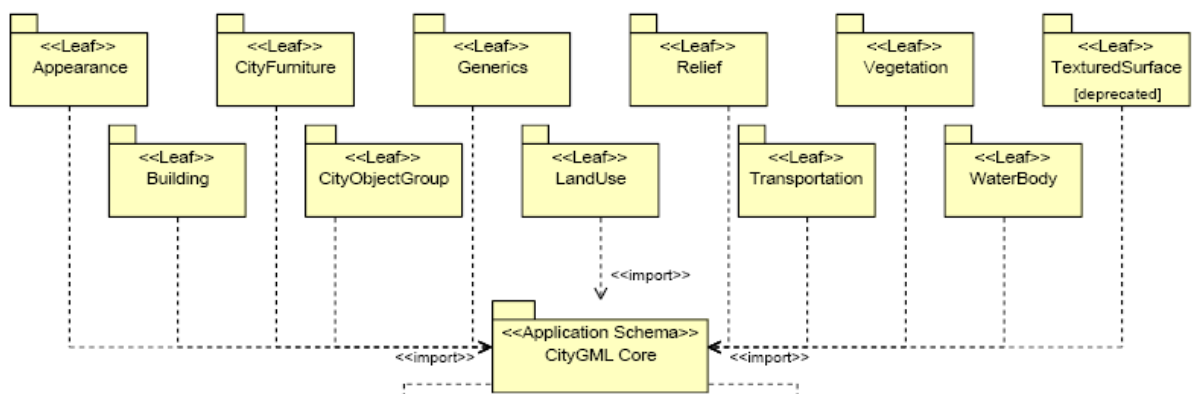


圖 3-6、CityGML 由一核心模組與數個主題模組所組成 (Gröger et al., 2008)

### 3-2-5 建築物模組

#### ● AbstractBuilding

建築物模組 (Building module) 中最基礎的類別為AbstractBuilding，此為一抽象類別，繼承自CityObject，如圖 3-7 所示。表 3-1 為AbstractBuilding所定義的語意主題，包含了建築物表面、結構及裝置設施。

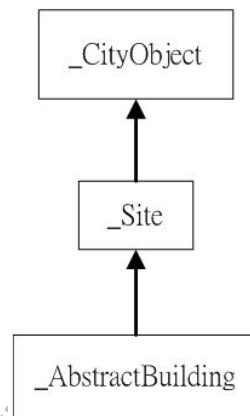


圖 3-7、AbstractBuilding 空間繼承關係

表 3-1、AbstractBuilding所定義的語意主題 (修改自Gröger et al., 2008)

Geometric/semantic theme	Property type	LOD1	LOD2	LOD3	LOD4
建築物立體部分	<i>gml:SolidType</i>	●	●	●	●
建築物表面骨架	<i>gml:MultiSurfaceType</i>	●	●	●	●
建築物曲面	<i>gml:MultiCurveType</i>		●	●	●
建築物表面範圍	<i>BoundarySurfaceType</i>		●	●	●
建築物外圍設施	<i>BuildingInstallationType</i>		●	●	●
Openings (可開關的部分)	<i>OpeningType</i>			●	●
房屋	<i>RoomType</i>				●
房屋內部設施	<i>IntBuildingInstallationType</i>				●

#### ● 建築物表面

建築物表面 (BoundarySurface) 此一抽象類別為 CityObject 的子類別，構建房屋外牆及建築物表面。自 BoundarySurface 可分出以下七個類別：RoofSurface (屋頂)、WallSurface (牆)、InteriorWallSurface (內牆)、GroundSurface (房屋底面)、

ClosureSurface (閉合面)、FloorSurface (地板) 及 CeilingSurface (天花板)，建築物表面，如圖 3-8(左)所示，圖 3-8(右)為建築物與可開關元件間的關係示意圖。

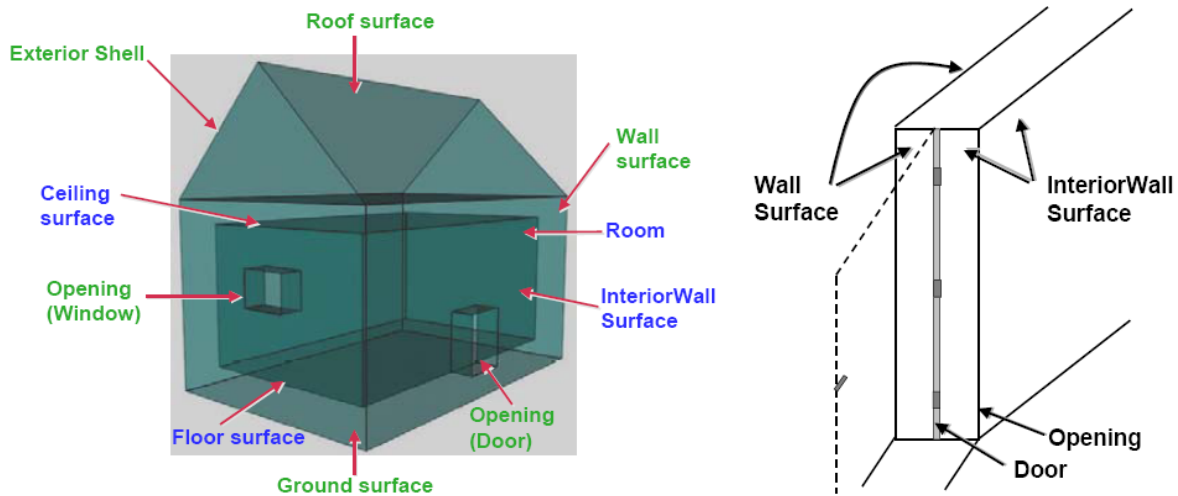


圖3-8、BoundarySurfaces (左)，opening間建築元件的關係(右)  
(Gröger et al., 2008)

- 建築物外部裝置

建築物外部裝置類別 (BuildingInstallation) 不影響構成建築物本體卻會影響外觀。如煙囪、階梯、天線、陽台及屋頂上的天梯。

- 建築物可開關元件

Opening為一個抽象類別，用以表示建築物可開關的元件，可用以定義LOD3及LOD4中包含的Door (門) 及 Window (窗) 等物件，牆面與門窗間的關係如圖3-8(右)所示。

- 建築物內部

建築物內部 (Building interior) 的資訊僅在LOD4中出現，在CityGML中以房間 (Room) 元素來表示，如圖 3-9 所示，BoundarySurfaces的部分則增加地板 (FloorSurface)、天花板 (CeilingSurface) 及內牆 (InteriorWallSurface)。可移動的物件如家具部分以 BuildingFurnitures 表示，不可移動的物件如階梯或梁柱等以 IntBuildingInstallations 表示。

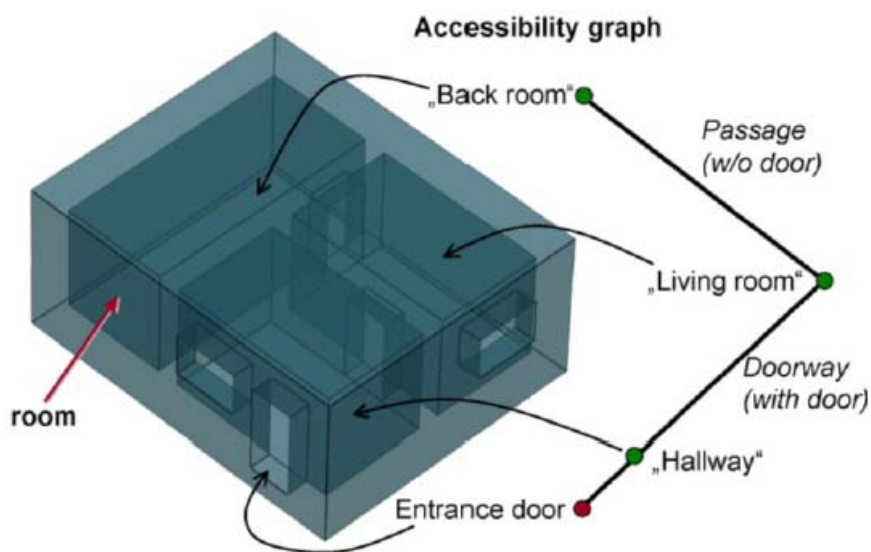


圖3-9、LOD4增加房屋內部資訊 (Gröger et al., 2008)

綜合以上，LOD1皆定義於AbstractBuilding中；LOD2加入建築物外觀簡單幾何面，包括屋頂、牆面及地面等；LOD3加深建築物的複雜度，加入門及窗這兩個可開關的物件；LOD4則是進入到房屋裡面的房間，增加房間的牆面、家具等，如圖3-10所示。

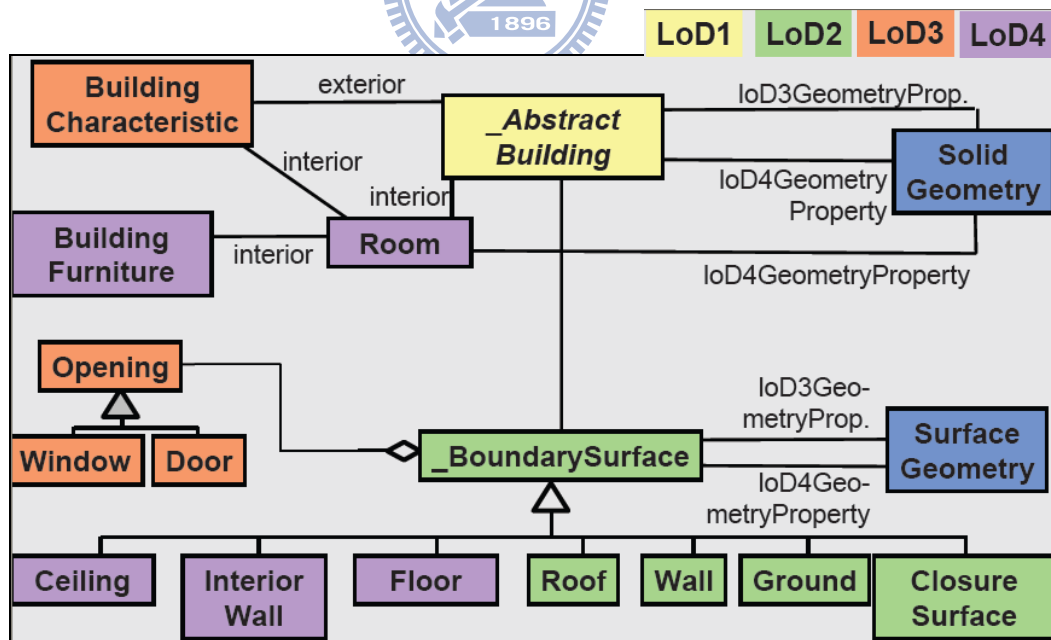


圖3-10、建築物模組組成結構示意圖 (Kolbe, 2007)

### 3-2-6 空間組成關係

CityGML空間性質描述沿用GML3的幾何模型，基於ISO 19107「Spatial Schema」標準(Herring, 2001)，使用的是邊界表示法(Brep)。

GML3幾何的基礎為圖元(primitives)，由complexes, composite geometries或aggregates組合而成。0維以點、一維以線段(Curve)、二維以面(Surface)、三維以實體(Solid)表示。每個幾何圖元皆有坐標參考系統。在CityGML無法以參數表現曲線，僅用直線取代，這是因為僅使用GML3的LineString類別。

合併幾何圖元可運用聚集(aggregates)、複合(complexes)或合成(composites)。聚集並不限制元件中的空間關係，可能會有弄亂(disjoint)、重疊、接觸或分離，對不同的維度分別可使用MultiPoint、MultiCurve、MultiSurface或MultiSolid。與聚集相反，complex很嚴格的限制位相關係，composite則是complex的其中一種，元件限制在同一個維度，必須disjoint，可以使用CompositeSolid、CompositeSurface或CompositeCurve表示(Gröger et al., 2008)。

在CityGML中使用絕對坐標表現物體，好處就是可以將物件固定在空間中的某個位置。另外，CityGML並不支援曲面。所以必須將曲面轉換成小片平面邊界表示(faceted Brep)(Benner et al., 2005)。

## 第四章 實作及成果展示

本章節共分五個部分，第一部分為本研究使用軟體；第二部分為IFC與CityGML比較及兩格式儲存建築元件之類別；第三部分為選擇三個範例進行實作；第四部分為IFC轉換至CityGML；最後一個部分為CityGML轉換至IFC的初步描述。

### 4-1 本研究使用軟體

本次使用主要以免費軟體為主，包括Graphic公司所研發的ArchiCAD軟體，提供一年教育版且可免費使用完整功能，以下為兩格式支援軟體之描述。

#### 4-1-1 支援IFC的免費軟體

- 德國Karlsruhe Institute of Technology (KIT) 開發一系列支援IFC格式免費軟體。
  - FZKViewer 0.9 (June 26th 2009, 6.274 KB)  
支援IFC及CityGML兩種格式之瀏覽軟體。
  - IfcObjCounter 2.9a (August 22th 2007, 3.277 KB)  
可計算IFC模型實體數及檢核語法。
  - IfcStoreyView 2.2b (April 8th 2009, 6.310 KB)  
可以用來互動式瀏覽IFC模型，支援瀏覽整棟建築物、分層瀏覽，且可選擇二維或三維瀏覽。  
可匯出格式：VRML 2.0、Google Earth (kml, kmz)。
  - IfcViewer 1.2 (February 8th 2006, 19.933 KB)  
此為一3D-OpenGL的IFC模型瀏覽器。  
可匯出格式：VRML 2.0, VRML 1.0, STEP AP 214
  - IfcWalkThru 2.1a (April 8th 2009, 4.315 KB)  
此為一3D-OpenGL的應用程式，可以虛擬進入IFC模型。使用者可以使用鍵盤或滑鼠控制位置及方向 (KIT, 2009)。

- IfcQuickBrowser

G.E.M.Team Solutions開發，將IFC檔案以樹狀架構呈現，方便查找資料。

- ArchiCAD 13 教育版（一年免費使用）

由GraphiSoft公司所研發，目前可支援IFC 2X3及IFC\_XML 2X3，剖面圖、立面圖、設計圖檔、參數計算等自動生成功能，為一個「所見即所得」的圖形設計工具。

#### 4-1-2 支援CityGML的免費軟體

- LandXplorer CityGML Viewer 2009a (Autodesk, 2009)

LandXplorer 由 Autodesk 公司推出，是一個免費的 CityGML 瀏覽軟體。

- Aristoteles

Aristoteles 是一個開放原始程式碼的 GML3 3D 瀏覽器，由德國波昂大學 (University of Bonn, Germany) 地圖與地理資訊研究所開發。Aristoteles 僅僅限於瀏覽，不能夠編輯，且運行效率較低。



#### 4-2 IFC 與 CityGML 之比較

本小節共分三部分，第一部分為 IFC 與 CityGML 背景比較，第二部分為兩格式物體成型比較，第三部分為兩格式儲存建築元件之類別整理。

##### 4-2-1 兩者背景比較

IFC開始發展的時間較CityGML早約十年，兩者所使用的塑模語言及應用領域也不相同，表 4-1 為兩格式之背景比較。

表 4-1、IFC與CityGML兩格式之比較

	IFC	CityGML
發展組織/起源時間	buildingSMART，1994	SIG3D，2002
應用領域	AEC/FM	GIS
模型語言	EXPRESS	GML
目前發行版本	2x4_beta2，2009	1.0.0，2009
描述資訊範圍	僅針對建築物	建築物及周圍景觀模型
國際標準	ISO TC184/SC4， <b>ISO/PAS 16739</b>	ISO TC211， <b>ISO 191xx Family</b>

#### 4-2-2 兩格式物體成型比較

##### ● IFC

在 IFC 中描述建築物資訊，如圖 4-1 所示一牆面為例，共分為三大項目，分別描述牆面之屬性資訊、牆面相對於該樓層之位置及牆面形狀成型方法，如圖 4-2 所示，每行資訊內容如下：

- #17939=IfcWallStandardcase：描述物件主體為牆面
- #29=IfcOwnerHistory：描述牆面的擁有者資訊
- #18009 =IfcProductDefinitionShape：用來描述牆面的形狀
- #17970=IfcShapeRepresentation：描述牆面的形狀，並定義其形狀類型
- #777=IfcLocalPlacement：描述牆面的位置
- #17933=IfcAxis2Placement3D：描述牆面的三維坐標系統，為區域坐標系統

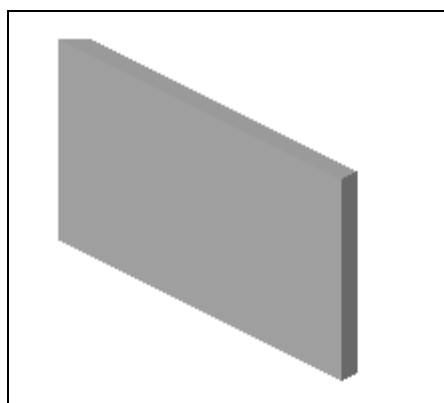


圖 4-1、單一牆面模型實例



```

#17939=IFCWALLSTANDARDCASE('2XPyKWY018sA1ygZKgQPtU',#29,'Wand-Int-ERDG-4',,$,#17936,
#18009,'BC6F0F70-6195-495E-A2-FC-239713029DB1');
#29= IFCOWNERHISTORY(#28,#5,$,.NOCHANGE.,,$,$,1214902009);
#28= IFCPERSONANDORGANIZATION(#15,#22,$);
#5= IFCAPPLICATION(#1,'11.0','ArchiCAD 11.0','ArchiCAD');
#17936= IFCLOCALPLACEMENT(#777,#17933);
#777= IFCLOCALPLACEMENT(#761,#774);
#17933= IFCAXIS2PLACEMENT3D(#17929,#52,#44);
#18009= IFCPRODUCTDEFINITIONSHAPE($,$,(#17970,#18003));
#17970= IFCSHAPEREPRESENTATION(#229,'Axis','Curve2D',(#17966));
#18003= IFCSHAPEREPRESENTATION(#67,'Body','SweptSolid',(#18000));

```

圖 4-2、IFC牆面資訊

## ● CityGML


在 CityGML 中先以標籤一組組的描述屬性資訊後，使用邊界表示法四個坐標構成一個平面，六個平面構成一個立方體以組成一牆面資訊，如圖 4-3 所示。

Citygml

```

<boundedBy>
  <WallSurface gml:id="GEB_TH_Default_WAND_36">
    <gml:description>?_</gml:description>
    <gml:name>Wand-Int-ERDG-4_</gml:name>
    <stringAttribute name="IFC_TYPE_">
      <value>IFCWALLSTANDARDCASE_</value>
    </stringAttribute>
    <stringAttribute name="IFC_GUID">
      <value>2XPyKWY018sA1ygZKgQPtU</value>
    </stringAttribute>
    <stringAttribute name="?_NetVolume_">
      <value>2.49624_</value>
    </stringAttribute>
    <stringAttribute name="?_NetFootprintArea_">
      <value>1.0008_</value>
    </stringAttribute>
    <lod4MultiSurface>
      <gml:MultiSurface>

```



屬性資訊

:



表 4-2、IfcSharedBldgElements實體資訊 (Liebich et al., 2009)

IFC 類別名稱	中文名稱	IFC 類別名稱	中文名稱
IfcBeam	樑	IfcRailing	欄杆
IfcBeamStandardCase		IfcRailingType	
IfcBeamType		IfcRelConnectsPathElements	連接屬性
IfcChimney	煙囪	IfcRoof	屋頂
IfcChimneyType		IfcRoofType	
IfcColumn	柱	IfcSlab	斜坡
IfcColumnStandardCase		IfcSlabElementedCase	
IfcColumnType		IfcSlabStandardCase	
IfcCurtainWall	帷幕牆	IfcSlabType	階梯
IfcCurtainWallType		IfcStair	
IfcDoor	門	IfcStairFlight	階梯
IfcDoorLiningProperties		IfcStairFlightType	
IfcDoorPanelProperties		IfcStairType	
IfcDoorStandardCase		IfcWall	牆
IfcDoorStyle		IfcWallElementedCase	
IfcMember	支撐板	IfcWallStandardCase	窗戶
IfcMemberStandardCase		IfcWallType	
IfcMemberType		IfcWindow	
IfcPlate	金屬板/ 薄板/ 玻璃板	IfcWindowLiningProperties	窗戶
IfcPlateStandardCase		IfcWindowPanelProperties	
IfcPlateType		IfcWindowStandardCase	
IfcRamp	坡道	IfcWindowStyle	
IfcRampFlight			
IfcRampFlightType			
IfcRampType			

IfcSharedBldgServiceElements共提供 31 個實體資訊。此類別提供的實體資訊主要用於IfcHvacDomain (冷凍空調系統)、IfcPlumbingFireProtectionDomain (防火設備)、IfcElectricalDomain (電力設備)、IfcBuildingControlsDomain (建築管理) 四個領域，如表 4-3 所示，但此部分資訊與建築物外觀成型較無關聯，較適合提供CityGML LOD4 之資訊。

表 4-3、IfcSharedBldgServiceElements實體資訊 (Liebich et al., 2009)

IFC 類別名稱	IFC 類別名稱
IfcDistributionChamberElement	IfcFlowMovingDevice
IfcDistributionChamberElementType	IfcFlowMovingDeviceType
IfcDistributionControlElement	IfcFlowSegment
IfcDistributionControlElementType	IfcFlowSegmentType
IfcDistributionFlowElement	IfcFlowStorageDevice
IfcDistributionFlowElementType	IfcFlowStorageDeviceType
IfcDistributionPort	IfcFlowTerminal
IfcDistributionSystem	IfcFlowTerminalType
IfcElectricalBaseProperties	IfcFlowTreatmentDevice
IfcEnergyConversionDevice	IfcFlowTreatmentDeviceType
IfcEnergyConversionDeviceType	IfcFluidFlowProperties
IfcEnergyProperties	IfcRelFlowControlElements
IfcFlowController	IfcSoundProperties
IfcFlowControllerType	IfcSoundValue
IfcFlowFitting	IfcSpaceThermalLoadProperties
IfcFlowFittingType	

#### 4-2-4 CityGML建築元件

CityGML所定義的建築元件分為LOD1-LOD4，記錄在CityGML所發布的官方Schema的building.xsd檔案中。

CityGML所定義的屬性資料、邊界表面類別、可開關建築元件類別及建築裝置類別，如表 4-4 至表 4-7 所示。

表 4-4、CityGML屬性資料

元素 (element)	中文名稱
class	房屋類別
function	房屋功能
usage	房屋用途
yearOfConstruction	建造年份
yearOfDemolition	毀損年份
roofType	屋頂類型
measuredHeight	房屋高度
storeysAboveGround	地上樓層數
storeysBelowGround	地下樓層數
storeyHeightsAboveGround	地上樓層高
storeyHeightsBelowGround	地下樓層高
outerBuildingInstallation	房屋外部裝置設施
interiorBuildingInstallation	房屋內部裝置設施

表 4-5、CityGML邊界表面類別

邊界表面_BoundarySurface		
RoofSurface	屋頂面	LOD2-LOD4
WallSurface	牆面	LOD2-LOD4
GroundSurface	建築物基底面	LOD2-LOD4
ClosureSurface	閉合面	LOD4
FloorSurface	地板	LOD4
InteriorWallSurface	內牆	LOD4
CeilingSurface	天花板	LOD4

表 4-6、CityGML可開關建築元件類別

可開關建築元件_Opening		
Door	門	LOD3-LOD4
Window	窗	LOD3-LOD4

表 4-7、CityGML建築裝置類別

建築裝置		
Room	內部空間(體積法)	LOD4
BuildingInstallation	建築外部裝置(不可移動)	LOD3
BuildingFurniture	家具(可移動)	LOD4
IntBuildingInstallation	建築內部裝置(不可移動)	LOD4

### 4-3 實作流程

本研究使用ArchiCAD 13 教育版、FZKViewer等軟體開啟IFC及CityGML檔案，研究流程為比較兩格式檔案基本資訊、建築物元件分類之類別，使用自KIT的VR-Systems網站下載IFC與CityGML的檔案，包含FZK-House、Office Building 及Smiley West三個模型。

#### 4-3-1 案例一：FZK-House

圖 4-5 為使用 FZKViewer 開啟 IFC 檔案，此檔案為使用 ArchiCAD 軟體轉檔為 IFC 格式，CityGML 檔案格式則是使用目前仍在研發中的 IfcExplorer 轉檔得到，基本資訊如表 4-8、表 4-9 所示。IFC 檔中包含 IFC 實體共 145 個，組成如表 4-10 所示。

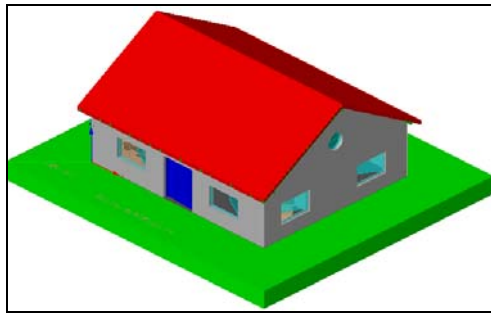


圖 4-5、FZK-House

表 4-8、IFC 檔案資本資訊(FZK-House) (KIT, 2009)

檔案版本	ArchiCAD 11.0
檔案名稱	AC11-FZK-Haus-IFC.zip
IFC Schema	IFC 2x3
檔案大小(zip / IFC)	760 KB / 4,051 KB
檔案大小(zip / ifcXML)	963 KB / 20,041 KB
建檔日期	2008-07-01

表 4-9、CityGML檔案資本資訊(FZK-House) (KIT, 2009)

CityGML 1.0			
檔案名稱	LOD	檔案大小	建檔日期
FZK-House_LOD1.zip	LOD1	10 kb	2006.11.10
FZK-House_LOD2.zip	LOD2	56 kb	2006.11.10
FZK-House_LOD3.zip	LOD3	5,808 kb	2006.11.10
FZK-House_LOD4_V.zip (體積法)	LOD4	10,044 kb	2006.11.10
FZK-House_LOD4_BS.zip (表面法)	LOD4	10,195 kb	2006.11.10

表 4-10、IFC 實體組成列表(FZK-House)

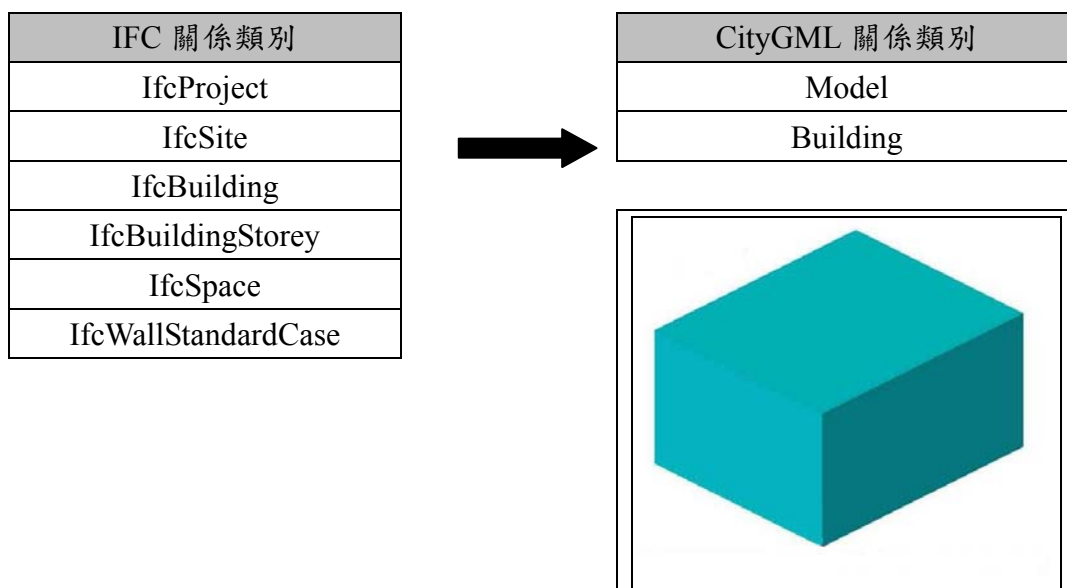
IFC Entities (IfcObject)			
IfcProject	1	IfcDoor	5
IfcSite	1	IfcWindow	11
IfcBuilding	1	IfcRailing	2
IfcBuildingStorey	2	IfcStair	1
IfcSpace	7	IfcVirtualElement	4
IfcWallStandardCase	13	IfcDistributionFlowElement	1
IfcOpeningElement	17	IfcFurnishingElement	15
IfcColumn	1	IfcFlowTerminal	6
IfcBeam	51	IfcAnnotation	2
IfcSlab_Roof	2		
IfcSlab_Floor	1		
IfcSlab_BaseSlab	1	<b>總和：145</b>	

– IFC to LOD1



在CityGML LOD1 中可由IfcWallStandardCase得到建築物外型，如表 4-11 所示，其他如IfcProject、IfcSite、IfcBuilding、IfcBuildingStorey及IfcSpace提供屬性資訊。

表 4-11、IFC與CityGML LOD1 轉換關係類別對應(FZK-House)





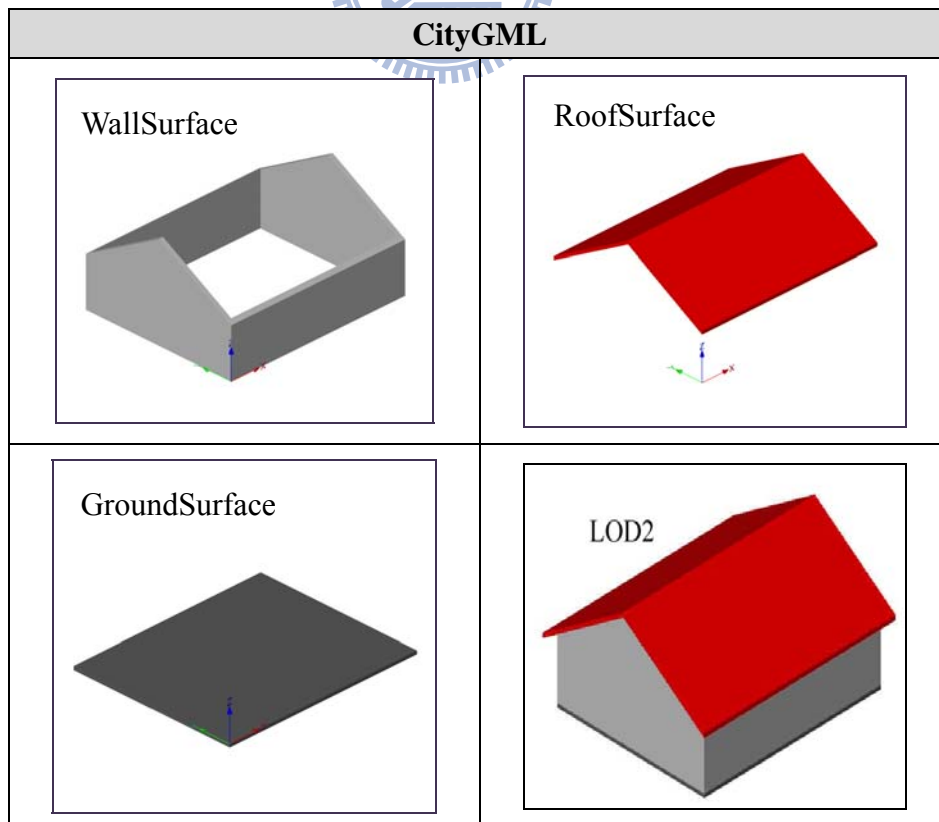
– **IFC to LOD2**

相較於LOD1，LO2 增加了屋頂面由IfcSlab\_Roof轉換至RoofSurface，地面則是由IfcSlab\_BaseSlab轉換至GroundSurface，如表 4-12 所示。表 4-13 則是CityGML LOD2 建築物之分解圖。

表 4-12、IFC與CityGML LOD2 轉換關係類別對應(FZK-House)

IFC 關係類別	CityGML 關係類別
IfcProject	Model
IfcSite	Building
IfcBuilding	RoofSurface
IfcBuildingStorey	WallSurface
IfcSpace	GroundSurface
IfcWallStandardCase	
IfcSlab_Roof	
IfcSlab_BaseSlab	

表 4-13、FZK-House LOD2 類別組成關係



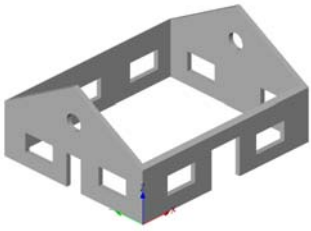
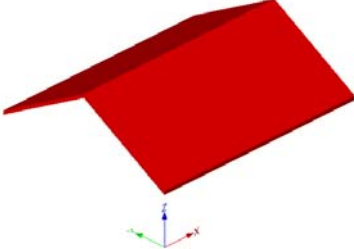
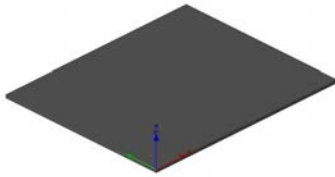
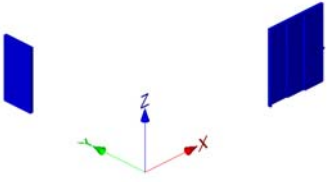
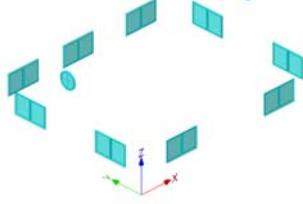
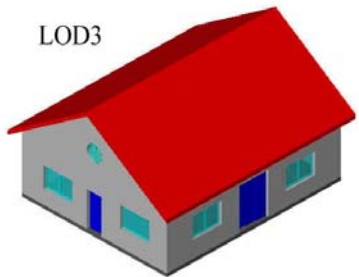
– IFC to LOD3

相較於LOD2，LOD3 對建築物的描述更為細微，IfcDoor及IfcWindow提供門及窗的資訊轉換至CityGML的Door和Window類別，如表 4-14 所示，而表 4-15 為CityGML LOD3 建築物之分解圖。

表 4-14、IFC與CityGML LOD3 轉換關係類別對應(FZK-House)

IFC 關係類別	CityGML 關係類別
IfcProject	Model
IfcSite	Building
IfcBuilding	RoofSurface
IfcBuildingStorey	WallSurface
IfcSpace	GroundSurface
IfcWallStandardCase	Door
IfcSlab_Roof	Window
IfcSlab_BaseSlab	
IfcDoor	
IfcWindow	

表 4-15、FZK-House LOD3 類別組成關係

CityGML		
<p>WallSurface</p> 	<p>RoofSurface</p> 	<p>GroundSurface</p> 
<p>Door</p> 	<p>Window</p> 	<p>LOD3</p> 

– IFC to LOD4

從CityGML LOD3 至LOD4 增加了建築物內部的資訊，LOD4 建築物內部的成型有表面法 (BoundarySurface) 及體積法 (Solid) 兩種，如表 4-16 所示，表面法是由天花板 (CeilingSurface)、地板 (FloorSurface) 及內牆面 (InteriorWallSurface) 構成建築物內部資訊。體積法則是以一塊一塊的立方體 (Room) 構成建築物內部。樑、柱及階梯等不可移動的建築元件轉換至CityGML的GenericCityObject類別中，可移動的物件如家具轉換至CityGML的BuildingFurniture類別中。表 4-17 及表 4-18 為CityGML兩種內部成型法之分解圖。

表 4-16、IFC與CityGML LOD4 轉換關係類別對應(FZK-House)



表 4-17、FZK-House LOD4 (表面法) 類別組成關係

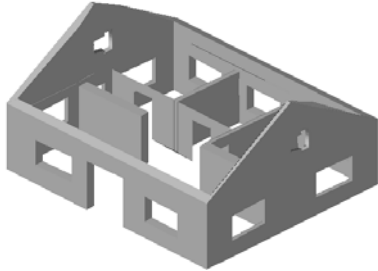
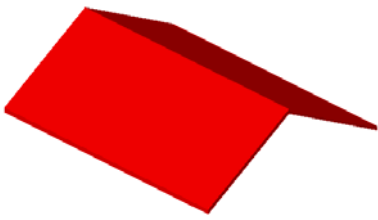
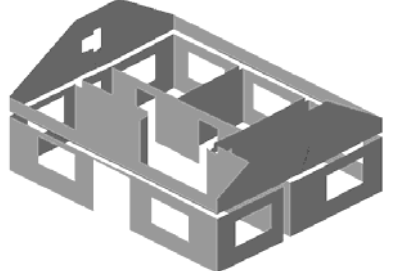
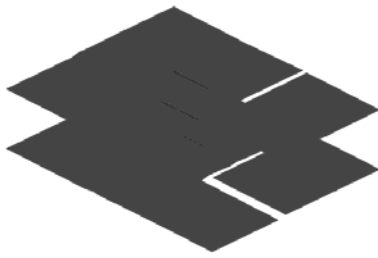
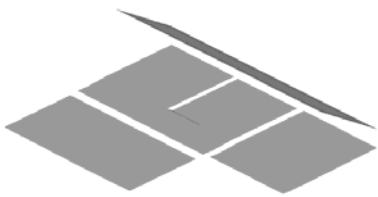

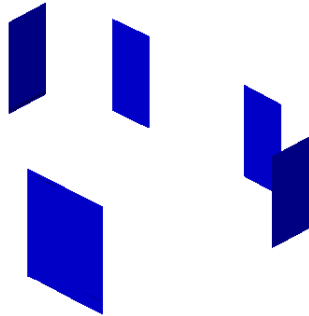
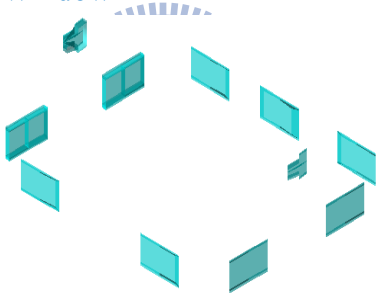
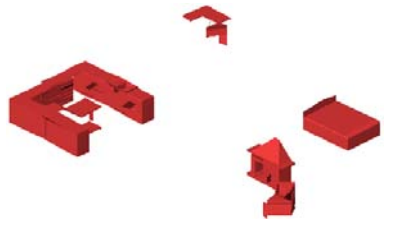
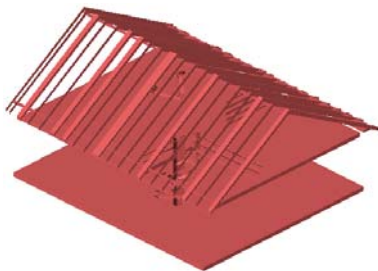
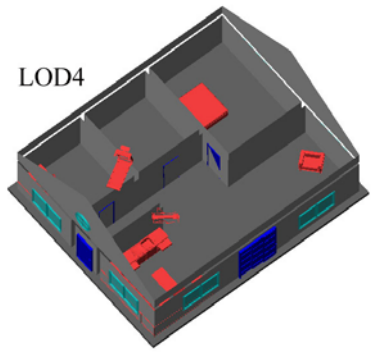
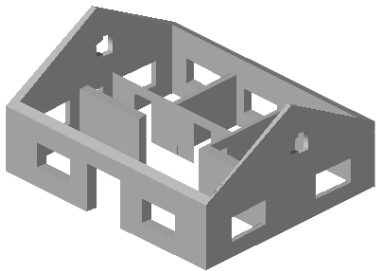
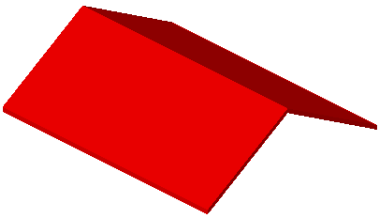
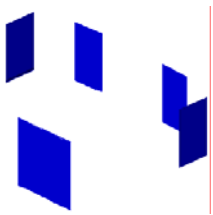
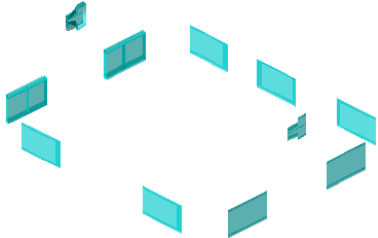
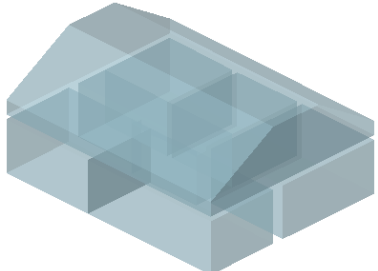
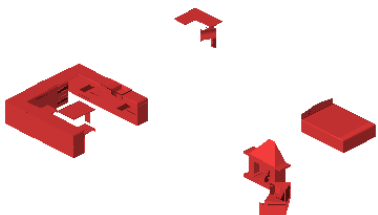
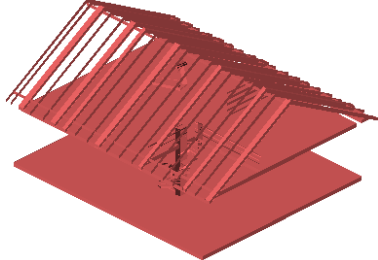
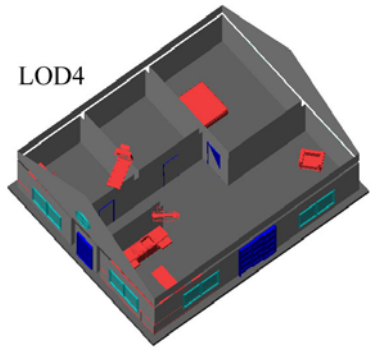
CityGML		
<p>WallSurface</p> 	<p>RoofSurface</p> 	<p>InteriorWallSurface</p> 
<p>FloorSurface</p> 	<p>CeilingSurface</p> 	<p>ClosureSurface</p> 
<p>Door</p> 	<p>Window</p> 	<p>BuildingFurniture</p> 
<p>GenericCityObject</p> 	<p>LOD4</p> 	

表 4-18、FZK-House LOD4 (體積法) 類別組成關係

CityGML		
<p>WallSurface</p> 	<p>RoofSurface</p> 	<p>Door</p> 
<p>Window</p> 	<p>Room</p> 	<p>BuildingFurniture</p> 
<p>GenericCityObject</p> 	<p>LOD4</p> 	

### 4-3-2 案例二：Office Building

圖 4-6 為使用 FZKViewer 開啟 IFC 檔案，此檔案為自 ArchiCAD 軟體轉為 IFC 格式，CityGML 檔案格式則是使用目前仍在研發中的 IfcExplorer 轉檔得到，基本資訊如表 4-19、表 4-20 所示。IFC 檔中包含 IFC 實體共 1201 個，組成如表 4-21 所示。

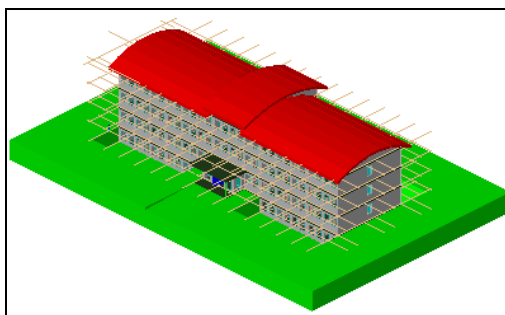


圖 4-6、Office Building

表 4-19、IFC 檔案資本資訊(Office Building) (KIT, 2009)

檔案版本	ArchiCAD 11
檔案名稱	AC11-Institute-Var-2-IFC.zip
IFC Schema	IFC 2x3
檔案大小(zip / IFC)	606 KB / 2,770 KB
檔案大小(zip / ifcXML)	829 KB / 13,841 KB
建檔日期	2008-07-03

表 4-20、CityGML 檔案資本資訊(Office Building) (KIT, 2009)

CityGML 1.0			
檔案名稱	LOD	檔案大小	建檔日期
Institute_LOD4.zip (體積法)	LOD4	10,275 kb	2006.11.13

表 4-21、IFC 實體組成列表(Office Building)

IFC Entities (IfcObject)			
IfcProject	1	IfcDoor	77
IfcSite	1	IfcWindow	206
IfcBuilding	1	IfcRailing	12
IfcBuildingStorey	5	IfcStair	4
IfcSpace	82	IfcZone	12
IfcWallStandardCase	119	IfcVirtualElement	3
IfcOpeningElement	287	IfcFurnishingElement	253
IfcColumn	2	IfcAnnotation	110
IfcSlab_Roof	21		
IfcSlab_Floor	5	<b>總和：1201</b>	

#### – IFC to LOD4

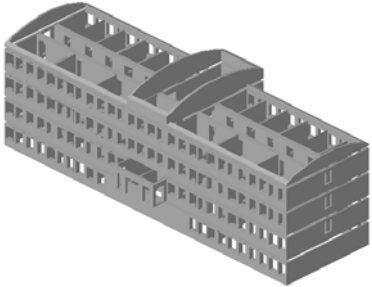

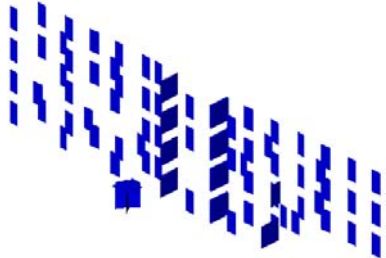
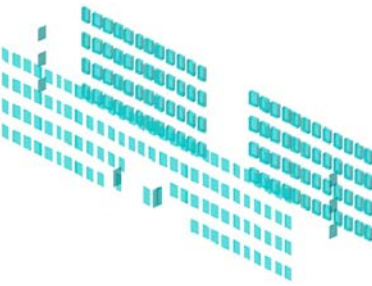
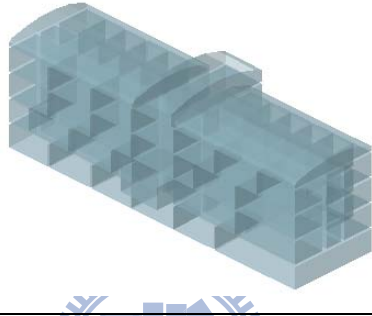
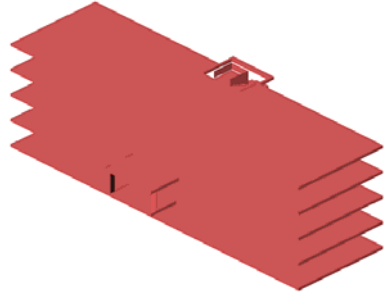
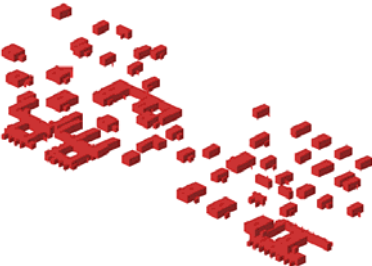
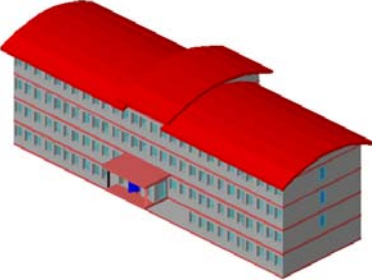
CityGML LOD4 中，Office Building之建築物內部由體積法成型（Room），在IFC中IfcAnnotation為標記圖示，轉換至CityGML的GenericCityObject類別儲存，兩格式轉換類別對應關係如表 4-22 所示，表 4-23 為CityGML建築物分解圖。

表 4-22、IFC與CityGML LOD4 轉換關係類別對應(Office Building)

IFC 關係類別	CityGML 關係類別
IfcProject	Model
IfcSite	Building
IfcBuilding	BuildingFurniture
IfcBuildingStorey	Room
IfcSpace	RoofSurface
IfcWallStandardCase	WallSurface
IfcOpeningElement	Door
IfcColumn	Window
IfcSlab_Roof	GenericCityObject
IfcSlab_Floor	
IfcDoor	
IfcWindow	
IfcRailing	
IfcStair	
IfcZone	
IfcFurnishingElement	
IfcAnnotation	



表 4-23、Office Building LOD4 (體積法) 類別組成關係

CityGML		
<p>WallSurface</p> 	<p>RoofSurface</p> 	<p>Door</p> 
<p>Window</p> 	<p>Room</p> 	<p>GenericCityObject</p> 
<p>BuildingFurniture</p> 		

### 4-3-3 案例三：Smiley West

圖 4-7 為使用 FZKViewer 開啟 IFC 檔案，此檔案為自 ArchiCAD 軟體轉為 IFC 格式，CityGML 檔案格式則是使用目前仍在研發中的 IfcExplorer 轉檔得到，基本資訊如表 4-24、表 4-25 所示。IFC 檔中包含 IFC 實體共 650 個，組成如表 4-26 所示。

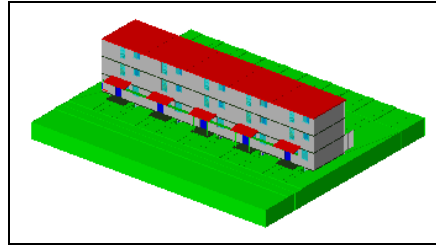


圖 4-7、Smiley West

表 4-24、IFC 檔案資本資訊(Smiley West) (KIT, 2009)

檔案版本	ArchiCAD 11,
檔案名稱	AC-11-Smiley-West-04-07-2007-IFC.zip
IFC Schema	IFC 2x2
檔案大小(zip / IFC)	677 KB / 3,293 KB
檔案大小(zip / ifcXML)	910 KB / 16,541 KB
建檔日期	2007-07-04

表 4-25、CityGML 檔案資本資訊(Smiley West) (KIT, 2009)

CityGML 1.0			
檔案名稱	LOD	檔案大小	建檔日期
Smiley-West_LOD4_SolidRooms.zip (體積法)	LOD4	25,319 kb	2006.11.13
Smiley-West_LOD4_BSRooms.zip (表面法)	LOD4	24,547 kb	2006.11.13

表 4-26、IFC-CityGML 實體組成列表(Smiley West)

IFC Entities (IfcObject)			
IfcProject	1	IfcSlab_Roof	10
IfcSite	1	IfcSlab_Floor	50
IfcBuilding	1	IfcDoor	85
IfcBuildingStorey	5	IfcWindow	40
IfcSpace	70	IfcRailing	60
IfcWall	6	IfcStair	15
IfcWallStandardCase	135	IfcZone	5
IfcOpeningElement	140	IfcVirtualElement	15
IfcColumn	10		
IfcBeam	1	<b>總和：650</b>	

– IFC to LOD4

Smiley West在CityGML LOD4 建築物內部的成型有表面法及體積法兩種，如表 4-27 所示，表 4-28 及表 4-29 為CityGML兩種內部成型法之分解圖。

表 4-27、IFC與CityGML LOD4 轉換關係類別對應(Smiley West)

IFC 關係類別		CityGML 關係類別
IfcProject		內部以表面法成型(boundary surfaces)
IfcSite		Model
IfcBuilding		Building
IfcBuildingStorey		BuildingInstallation
IfcSpace		CeilingSurface
IfcWall		InteriorWallSurface
IfcWallStandardCase		FloorSurface
IfcOpeningElement		RoofSurface
IfcColumn		WallSurface
IfcBeam		ClosureSurface
IfcSlab_Roof		Door
IfcSlab_Floor		Window
IfcDoor		GenericCityObject
IfcWindow		
IfcRailing		
IfcStair		

CityGML 關係類別
內部以體積法成型(solids)
Model
Building
Room
RoofSurface
WallSurface
Door
Window
GenericCityObject

表 4-28、Smiley West LOD4 (表面法) 類別組成關係

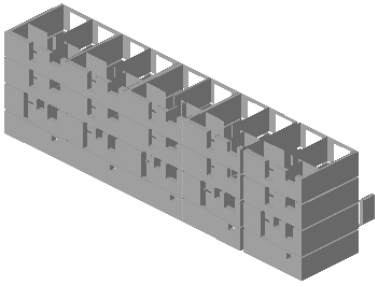
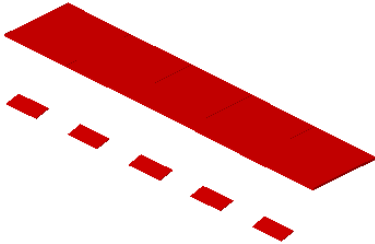
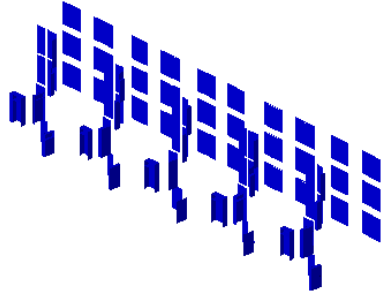

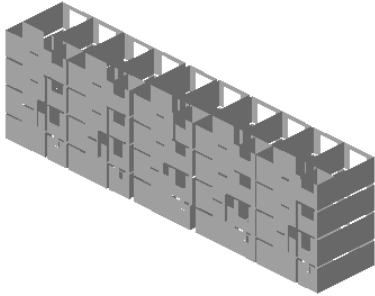
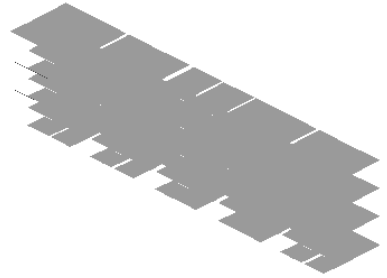
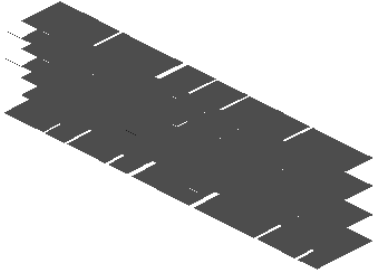
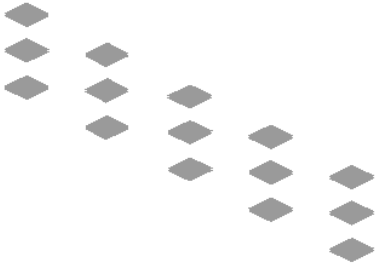
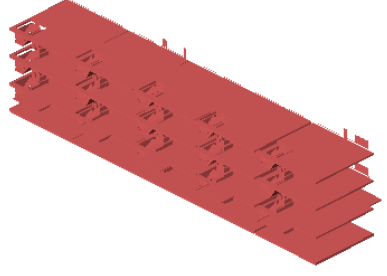
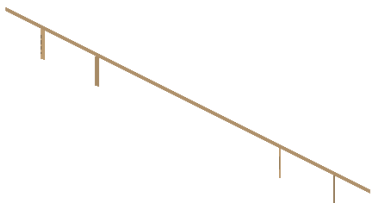
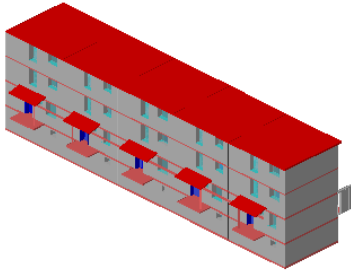
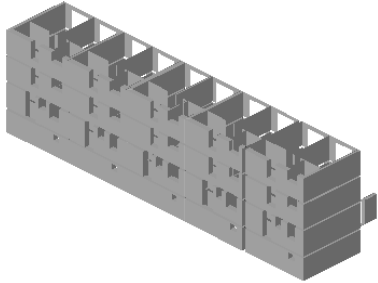
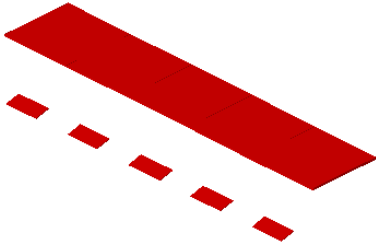
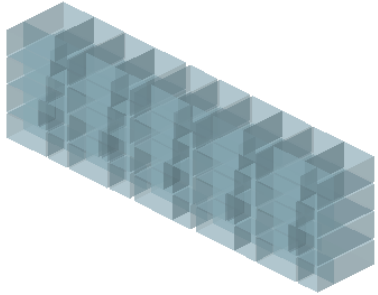
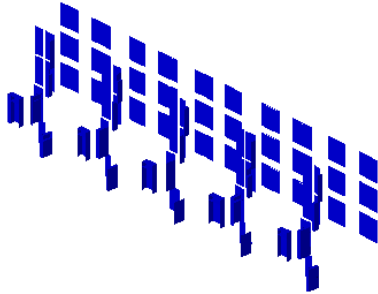
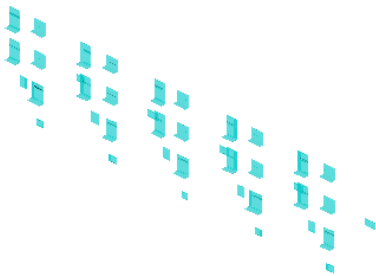
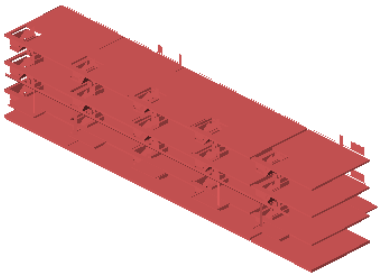
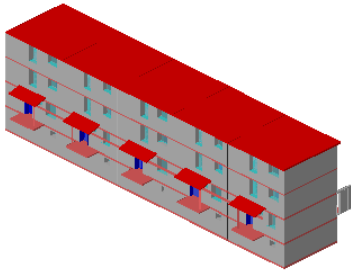
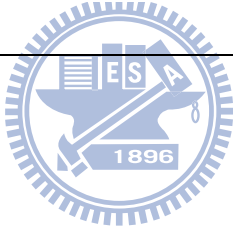
CityGML		
<p>WallSurface</p> 	<p>RoofSurface</p> 	<p>Door</p> 
<p>Window</p> 	<p>InteriorWallSurface</p> 	<p>CeilingSurface</p> 
<p>FloorSurface</p> 	<p>ClosureSurface</p> 	<p>GenericCityObject</p> 
<p>BuildingInstallation</p> 		

表 4-29、Smiley West LOD4 (體積法) 類別組成關係

CityGML		
<p>WallSurface</p> 	<p>RoofSurface</p> 	<p>Room</p> 
<p>Door</p> 	<p>Window</p> 	<p>GenericCityObject</p> 
		

#### 4-4 IFC轉換至CityGML

IfcSharedBldgElements位於IFC模型中資訊交換層，可做為IFC與CityGML轉換之出發點。以下章節就自IFC模型轉換至CityGML LOD1-LOD4 框架進行探討闡述。

##### 4-4-1 語意資訊轉換

獲取CityGML AbstractBuilding類別中所需資訊可從數個IFC實體中得到。舉例來說，IfcStorey提供樓層數資訊，IfcBuilding定義地表面以上樓層數，建築物的建造相關日期可經由IfcWorkSchedule獲得。另外在核心層的IfcProcessExtension也提供詳盡的屬性資訊可供獲取。幾何資訊以下分四個LOD進行討論。

#### 4-4-2 IFC轉換至CityGML LOD1

CityGML LOD1建築物外觀被簡化成一個積木實體，而建築物的幾何形狀使用外圍邊界表面來表示。在LOD1每一面牆都代表一個單一的平面。由於要產生一個LOD1的建築物模型，建築物的外觀可經由IfcWall（牆面）及IfcSlab（屋頂）這兩個實體來表示。從IFC模型的觀點來看，牆或屋頂皆被簡化成平面。建築物延伸出來的部分如陽台等在LOD1的時候會被忽略，而建築物如果有任何曲線的部分也會被忽略(Umit et al.,2006)。

因為IFC與CityGML幾何成型方法不相同，IFC僅記錄原點的絕對位置坐標，而CityGML則是以絕對坐標建構整個物體。

轉換步驟：

1. 建築物原點坐標轉換：自WGS84坐標系統轉至使用者自行定義之坐標系統。
2. 加入外牆面長度、寬度、高度可得八個端點坐標，如圖4-8所示。由IFC中取出IfcWall類別轉換自CityGML的Building類別中，對應類別如表4-30所示。

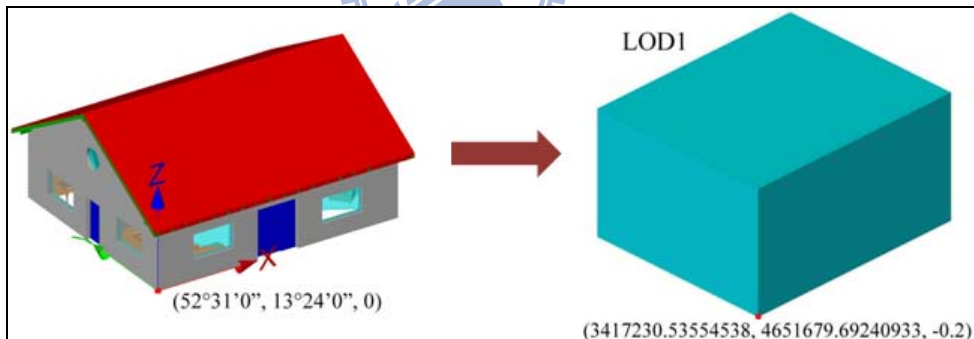


圖 4-8、IFC轉換至CityGML LOD1

表 4-30、IFC to CityGML LOD1

IFC對應類別	→	CityGML類別
IfcWall		Building(Lod1Solid)

#### 4-4-3 IFC轉換至CityGML LOD2

在LOD2模型中，建築物外觀需有較詳細描述。LOD2和LOD1在幾何表現上最大的不同就是建築物外牆可用多個平面來表示，也增加曲面的表現型式。另一方面也增加煙囪、陽台、屋頂和外部的樓梯，歸類至BuildingInstallation類別。

在LOD2中建築物外圍的部分會依類別的不同使用不同類別表示，如Boundary-Surface類別之下，如使用Roof Surface、Wall Surface、Ground Surface以及Closure Surfaces等閉合面描述。LOD2建築物外觀忽略門及窗的部分。建築物外觀紋理可使用向量式二維紋理覆蓋。在LOD2建築物外觀可被視為IFC模型簡化後的表現，主要的來源為IfcWall及IfcSlab，另外像IfcColumn（柱）、IfcBeam（樑）及IfcCurtainWall（帷幕牆）也扮演著輔助的角色。

這個情況下，CityGML中牆面（WallSurface）部分自IFC中的IfcWall實體所獲取。在IfcWall中的幾何成型方式有Sweeping和CSG等多種選擇，轉換至CityGML皆以Brep法表現，轉換到CityGML後會遺失部分細微資訊。

屋頂（RoofSurface）可由IfcSlab簡化而得，而IfcSlab參考自IfcRoof，與牆面的幾何成型相似，轉換後以Brep法表現。地面（GroundSurface）經由IfcSlab內包含之BASESLAB屬性獲取。從建築外觀可見的樑、柱及階梯被歸類在BuildingInstallation類別中，資訊分別自IfcBeam、IfcColumn和IfcStair（階梯）中獲得。

轉換步驟：

1. 建築物原點坐標轉換：自WGS84坐標系統轉至使用者自行定義之坐標系統。
2. 分解為屋頂、牆面及地面，如圖4-9所示。由IFC中取出IfcWall與IfcSlab類別轉換自CityGML的RoofSurface、WallSurface及GroundSurface類別中，對應類別如表4-31所示。



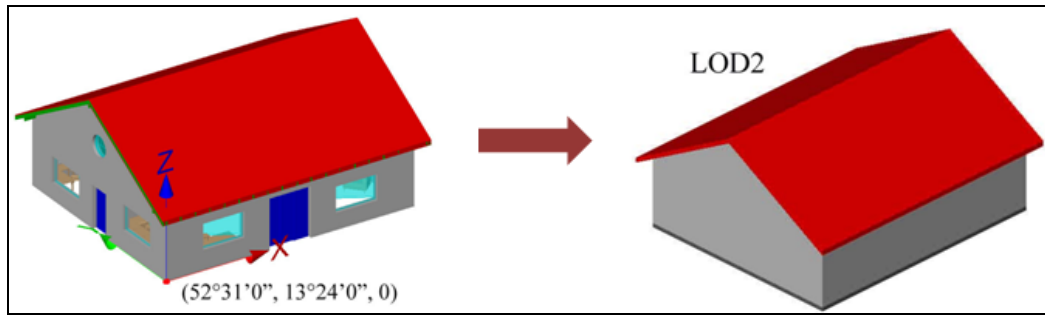


圖 4-9、IFC轉換至CityGML LOD2

表 4-31、IFC to CityGML LOD2

IFC對應類別	→	CityGML類別
IfcSlab_Roof		RoofSurface
IfcWallStandardCase		WallSurface
IfcSlab_BaseSlab		GroundSurface

#### 4-4-4 IFC轉換至CityGML LOD3

在LOD 3 中，建築物外觀包括可開啟之建築元件（opening）的部分，如門和窗這兩個類別定義在Opening之下。

在IFC中牆面與門或窗間的關係如圖4-10所示，IfcRelVoidsElement及IfcRelFillsElement為抽象關連屬性，用以連接建築元件（IfcWallStandardCase與IfcDoor/IfcWindow）間的關係。CityGML中的門和窗資訊由IfcDoor（門）和IfcWindow（窗）類別獲得。

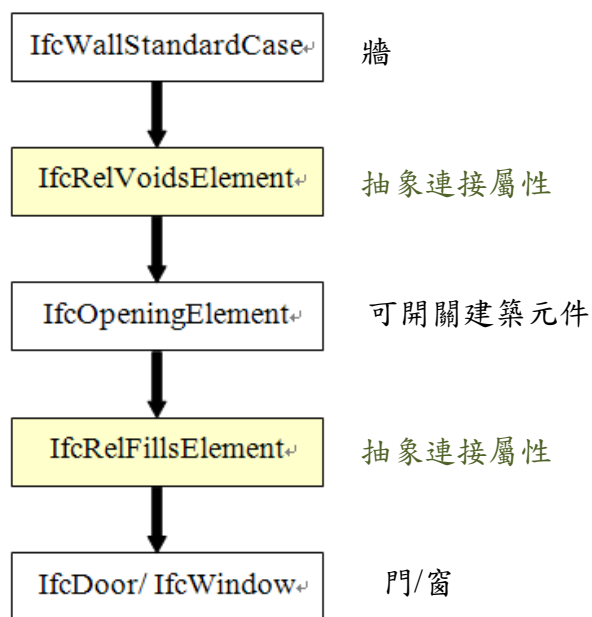


圖4-10、IFC中牆面與門窗間的空間連結關係

在IFC中門與窗一般的幾何成型與牆或屋頂十分相似，若是較精細的幾何成型通常使用Brep來表現。且在IFC中，也會記錄額外的語意資訊如門或窗打開的方向，但在CityGML中並無法儲存這些屬性。

轉換步驟：

1. 建築物原點坐標轉換：自WGS84坐標系統轉至使用者自行定義之坐標系統。
2. 加入外牆面及屋頂長度、寬度、高度可得建築物邊界端點坐標。
3. 加入門、窗坐標資訊，如圖4-11所示。由IFC中取出IfcWindow與IfcDoor類別轉換自CityGML的Window及Door類別中，對應類別如表4-32所示。

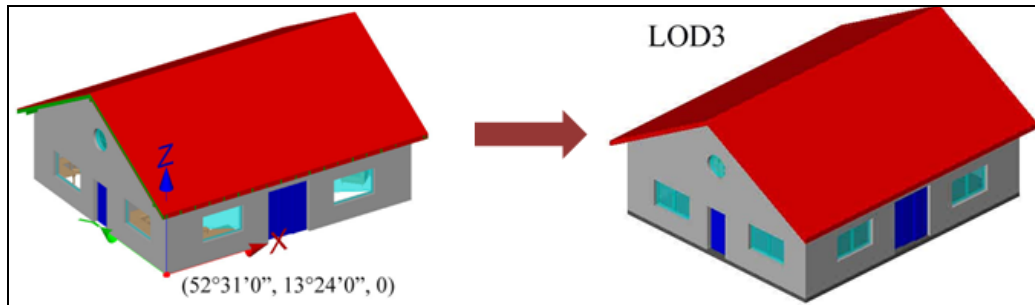


圖 4-11、IFC轉換至CityGML LOD3

表 4-32、IFC to CityGML LOD3

IFC對應類別	→	CityGML類別
IfcSlab_Roof		RoofSurface
IfcWallStandardCase		WallSurface
IfcSlab_BaseSlab		GroundSurface
		_Opening
IfcWindow		Window
IfcDoor		Door

#### 4-4-5 IFC轉換至CityGML LOD4

相對於CityGML LOD3，LOD 4 加入建築物的內部空間資訊，IFC模型中並沒有一個特定的類別來表現房間空間，但有一個相似的類別IfcSpace用來定義建築物中的空間關係。IfcSpace可以表現區域或體積邊界。IfcSpace與IfcBuildingStorey或IfcSite互相關聯。

IfcWall牆面轉換至CityGML分為WallSurface（外牆）和InteriorWallSurface（內牆）。而屋內的門與窗可由IfcDoor和IfcWindow獲得。

不可移動的室內建築元件如樑柱、樓梯、檯燈或欄杆在IFC中都有其特定的類別儲存資訊（IfcBeam、IfcColumn、IfcStair、IfcRailing、IfcRamp），而在CityGML LOD 4 中皆屬於IntBuildingInstallation類別。

可移動的家具自IfcFurnishingElement類別轉換到CityGML LOD4 中的Building-Furniture類別，幾何成型也皆轉換為使用Brep來呈現。

轉換步驟：

1. 建築物原點坐標轉換：自WGS84坐標系統轉至使用者自行定義之坐標系統。
2. 加入外牆面及屋頂長度、寬度、高度可得建築物邊界端點坐標。
3. 加入門、窗尺寸資訊。
4. 加入內部結構（如階梯）、家具擺設，如圖4-12所示，轉換對應類別如表4-33所示。

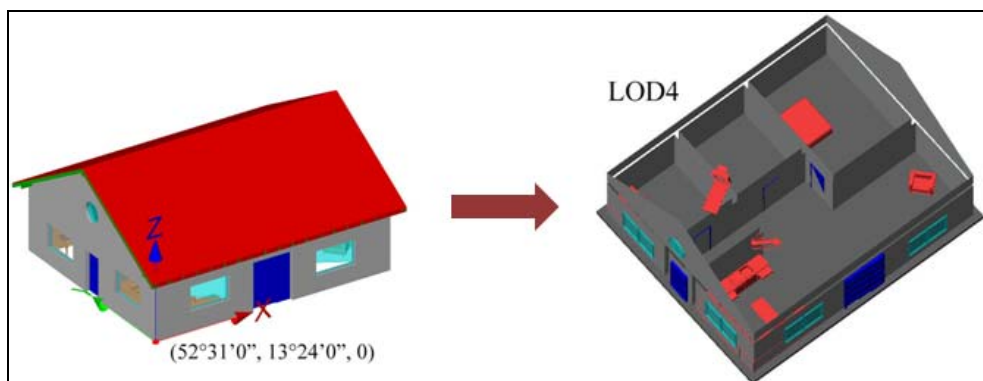


圖 4-12、IFC轉換至CityGML LOD4

表 4-33、IFC to CityGML LOD4

IFC對應類別	CityGML類別
IfcSlab_Roof	RoofSurface
IfcWallStandardCase	WallSurface
IfcSlab_BaseSlab	GroundSurface
	_Opening
IfcWindow	Window
IfcDoor	Door
	房屋內部
IfcWallStandardCase	Room
IfcSlab_Floor	FloorSurface
IfcWallStandardCase	InteriorWallSurface
IfcSlab	CeilingSurface
IfcBeam、IfcColumn IfcStair、IfcRailing IfcPlate、IfcRamp IfcRampFlight、 IfcChimney、IfcMember IfcFlowTerminal	BuildingInstallation
IfcFurnishingElement	BuildingFurniture

在LOD4 中內部房屋的表現方法有體積法 (Solids) 及表面法 (Boundary Surfaces) 兩種。體積法為將內部房屋以一塊塊之立方體成型，歸類於Room類別中，如圖 4-13 所示。而表面法以CeilingSurface、InteriorWallSurface、FloorSurface、ClosureSurface四種邊界表面成型，如圖 4-14 所示。

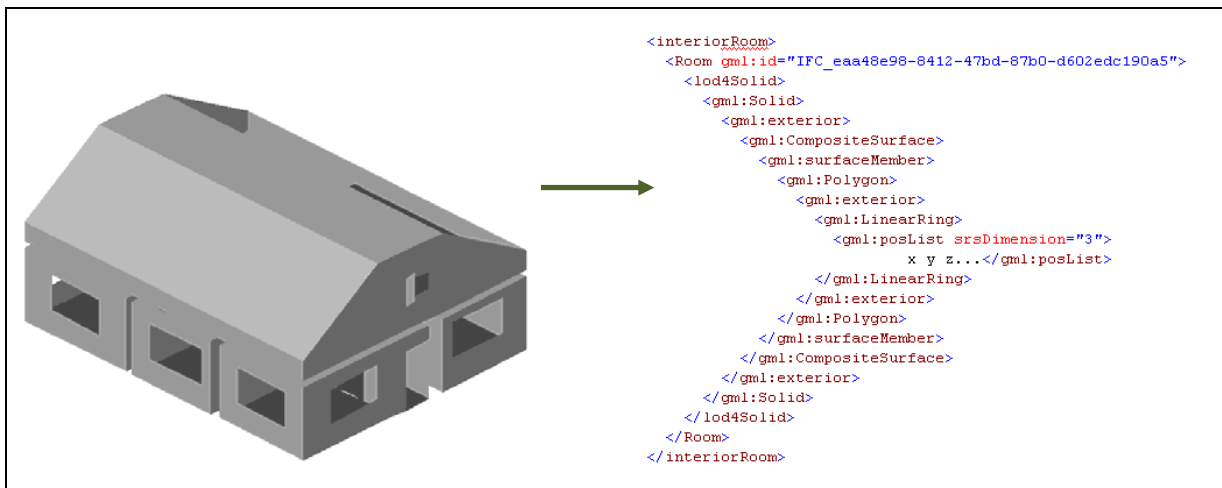


圖 4-13、內部房屋空間以體積法表示

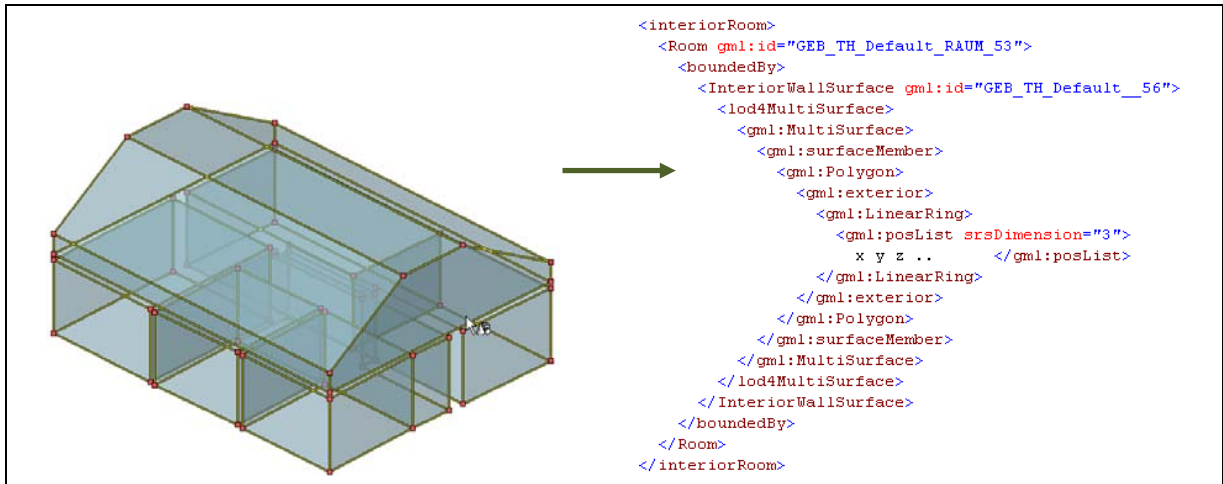


圖 4-14、內部房屋空間以表面法表示

#### 4-5 小結

本研究中，CityGML檔案大小皆比IFC檔案大兩倍以上，主因為CityGML在幾何成型的部分皆使用坐標表現，而IFC則是依據物體形狀的不同選擇不同的成型方式，表 4-34 為本次用於研究之三個檔案兩格式容量大小比較。

表 4-34、IFC與CityGML檔案大小比較表

	IFC檔案大小(MB)	CityGML檔案大小(MB)
FZK-House	4.051	10.044
Office Building	2.770	10.275
Smiley West	3.293	25.319

IFC 中建築元件定義一般分為兩種，如牆面分為 IfcWall 及 IfcWallStandardCase，IfcWallStandardCase描述形狀整齊、整面皆厚度相同之牆面，若形狀不對稱、厚度不一的牆面則歸類為IfcWall類別中。

IFC 中建築元件的類別數量較 CityGML 多且描述詳細，在 CityGML 中除建築物輪廓外觀外，僅分建築物外部裝置 (BuildingInstallation)、內部裝置 (IntBuildingInstallation)、家具 (BuildingFurniture) 及一般城市物件 (GenericCityObject) 等四類描述其他建築元件，兩者轉換關係表 4-35 所示。

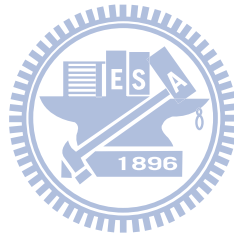
表 4-35、常用之建築元件轉換-CityGML至IFC

CityGML 對應類別	IFC 類別	中文名稱
WallSurface	IfcWall IfcWallElementedCase IfcWallStandardCase	牆
RoofSurface	IfcRoof	屋頂
RoofSurface FloorSurface CeilingSurface GroundSurface	IfcSlab IfcSlabElementedCase IfcSlabStandardCase	平板
BuildingInstallation IntBuildingInstallation	IfcBeam IfcBeamStandardCase	樑
BuildingInstallation IntBuildingInstallation	IfcColumn IfcColumnStandardCase	柱
WallSurface	IfcCurtainWall	帷幕牆
Door	IfcDoor IfcDoorStandardCase	門
Window	IfcWindow IfcWindowStandardCase	窗戶
GenericCityObject IntBuildingInstallation	IfcStair IfcStairFlight	樓梯
GenericCityObject IntBuildingInstallation	IfcRailing	欄杆
BuildingInstallation	IfcPlate IfcPlateStandardCase	(金屬)板條、板材
BuildingInstallation	IfcRamp IfcRampFlight	斜坡
BuildingInstallation	IfcChimney	煙囪
BuildingInstallation	IfcMember IfcMemberStandardCase	建築構件
BuildingFurniture	IfcFurnishingElement	家具
BuildingInstallation IntBuildingInstallation	IfcFlowTerminal	排水設施
<stringAttribute>	IfcAnnotation	屬性資訊

在CityGML與IFC建築元件的對應中，多為一個CityGML元件對應多個IFC元件，但在IFC的IfcSlab類別中儲存多種類的建築表面資訊，包含Floor、Roof、Landing及BaseSlab共四種表面，如表4-36所示，在此情況中為一個IFC元件對應多個CityGML元件，轉換時需要多加留意。

表 4-36、IfcSlab所記錄建築物表面種類

屬性	中文名稱
Floor	地板
Roof	屋頂
Landing	與階梯或斜坡有連接的平台
BaseSlab	建築物基底面





## 第五章 結論與建議

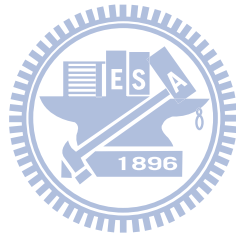
本研究釐清IFC及CityGML間的背景及比較兩標準格式的異同，建立起自IFC萃取CityGML LOD1-LOD4 資訊之對應關係。

以下針對本研究做出幾點結論與建議。

1. IFC與CityGML為依據不同的領域範圍（scope）和尺度（scale）所制定而成，主要資訊皆為描述建築物資訊，兩標準格式相異點整理如下：
  - IFC（AEC/FM領域）：對建築物本身有詳細的定義，針對建築物本體而言比CityGML描述更細微的語意模型，無法描述周圍城市景觀模型且地理對位功能仍然缺乏。但針對房屋建物而言，IFC可提供CityGML LOD1-LOD4 的所有資訊。IFC檔案多為精細的模型，適合用於LOD3-LOD4
  - CityGML（GIS領域）：CityGML不僅針對建築模型，也包含周圍城市景觀模型且具地理對位功能。CityGML在房屋內部的資訊描述（Room）採用IFC部分的概念（IfcSpace）
2. 兩者轉換之相關研究越來越多，轉換軟體研發也已在初步的測試階段。本次用來測試研究的模型都僅只是資訊簡單的小型模型，但CityGML在幾何成型方面僅支援邊界表示法（Brep），物件皆以坐標描述，導致檔案容量皆大於IFC格式二至三倍，此為CityGML標準格式之一大缺點。
3. CityGML LOD4 建築物內部房屋輪廓可選擇使用體積法及表面法來描述，體積法為將內部房屋輪廓分為一塊塊立方體，而表面法則是以不同性質的面組成，應用及修改彈性較體積法佳。
4. IFC及CityGML雖提供許多種類的建築元件類別可供使用，但因為沒有相關法規可供參考，建築元件分類會依不同操作者或轉換軟體而有不同的成果，建築外觀如牆、門或窗已有明確對應，但在建築物可移動或不可移動的建築裝置IFC中分類項目詳細但CityGML僅約出分為以下四類：GenericCityObject、BuildingFurniture、Building-

Installation、IntBuildingInstallation，使得從IFC轉換到CityGML後，原本不同類別的資訊會被歸類成同一類別，且CityGML此四類別分類也不明確，尚待釐清及清楚定義。

5. 本論文僅針對IFC與CityGML間轉換作一初探研究，台灣建築與國外建築外型有很大的不同，如台灣廟宇建築外觀十分複雜，在制定轉換的標準時需要多增加台灣建築物轉換的實作部分以供參考。而且在AEC/FM領域才剛要起步制訂BIM標準相關法規，應考慮後續在GIS領域中的應用會更為完善。



## 參考文獻

- 徐業良，2005。設計幾何模型的建構，元智大學機械系大三機械設計課程教材。
- 黃旭初，2002。地理圖形標記語言GML的架構及範例，國土資訊系統通訊第43期。
- 趙昂，2006。BIM 技術在電腦輔助建築設計中的應用初探，中國重慶大學  
建築技術科學系碩士學位論文。
- 鄧東波，2008。GML 原理概述及其應用，國土資訊系統基礎人才研討會課程講義。
- 樊啟勇，2007。IFC資料標準之結構物資訊擷取與建立，國立交通大學土木工程學  
系碩士論文。
- 蔡志偉，2007。IFC建築資訊內容應用於結構分析資料擷取，國立交通大學土木工程學  
系碩士論文。
- Lake, R., Burggraf, D., Trninic. M., Rae, L. 著，張書亮、閻國年、龔健雅、干嘉彥編譯，  
2008，地理標識語言-Geo-Web基礎，第一版，科學出版社。
- Benner, J., Geiger, A., Leinemann, K., 2005. Flexible Generation of Semantic 3D Building  
Models, Proc of the 1st Intern, Workshop on Next Generation 3D City Models, Bonn.
- Eastman, C.M., 1999. Building Product Models: Computer Environments Supporting Design  
and Construction, Boca Raton, FL: CRC Press.
- Gröger, G., Kolbe, T., Czerwinski, A., Nagel, C., 2008. OpenGIS® City Geography Markup  
Language (CityGML) Encoding Standard OGC 08-007r1 Version: 1.0.0, Open  
Geospatial Consortium Inc.
- Häfele, K., Geiger, A., Liebich, T., 2008. Implementation Guide for IFC Header Section  
Version 1.0.1, buildingSMART.
- Isikdag, U., Zlatanova, S., 2009. Towards defining a framework for automatic generation of  
buildings in CityGML using BIM, 3D geo-information sciences, LNG&C, Springer  
Verlag : 79-96.
- Kolbe, T., 2007. CityGML Tutorial, Institute for Geodesy and Geoinformation Science

- Berlin University of Technology.
- Lemmens, R., 2006, Semantic interoperability of distributed geo-services, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), The Netherlands.
- Liebich, T., 2004, IFG Project Comparison of gml3.0 and IFC2x(2) Phase 1, AEC3 Ltd. Munich, Thatcham.
- Liebich, T., 2009. IFC 2x Edition 3 Model Implementation Guide, buildingSMART International Modeling Support Group.
- Liebich, T., Adachi, Y., Forester, J., Hyvarinen, J., Richter, S., Chipman, T., Wix, J., 2009, IFC2x Edition 4 beta 2 version, buildingSMART International Limited.
- Wilson, P., 1998, STEP and EXPRESS, NSF Workshop on Distributed Information, Computation and Process Management for Scientific and Engineering Environments.
- Homepage of buildingSMART, URL : <http://www.iai-tech.org/> (last date accessed : 3<sup>rd</sup> January 2010)
- Homepage of Autodesk Solutions for BIM, Autodesk, URL : <http://www.autodesk.de/adsk/servlet/index?id=9976276&siteID=123112> (last date accessed : 3<sup>rd</sup> January 2010)
- Homepage of CityGML, URL : <http://www.citygml.org/> (last date accessed : 3<sup>rd</sup> January 2010)
- Homepage of IFC wiki, URL : [http://www.ifcwiki.org/index.php/Main\\_Page](http://www.ifcwiki.org/index.php/Main_Page) (last date accessed : 3<sup>rd</sup> January 2010)
- Homepage of Karlsruhe Institute of Technology, University of the State of Baden-Württemberg and National Research Center of the Helmholtz Association, URL : <http://www.iai.fzk.de/www-extern/index.php?id=1040&L=1> (last date accessed : 3<sup>rd</sup> January 2010)
- Homepage of National Institute of Standards and Technology ( NIST ) , URL : <http://www.nist.gov/index.html> (last date accessed : 3<sup>rd</sup> January 2010)
- Homepage of OWS-4 CAD/GIS/BIM, URL : <http://www.ogcnetwork.net/node/236> (last date accessed : 3<sup>rd</sup> January 2010)