

# 건축정보모델링(BIM)기반 건축 환경 성능 사례 분석

문 현 준, 최 민 석<sup>†</sup>, 박 진 우, 유 승 호

단국대학교 건축공학과

## Case studies on BIM-based architectural environment performance analysis

Hyun Jun Moon, Min Seok Choi<sup>†</sup>, Jin Woo Park, Seung Ho Ryu

**ABSTRACT:** BIM(Building Information Modeling) is considered a new paradigm and a powerful method in building design, construction and maintenance. However, it is still hard to implement environmental performance analysis using BIM in design stages. This study aims to reveal practical problems and evaluate interoperability between building design information and performance analysis with case studies. Three case studies are performed using two environmental analysis programs (IES/VE, EnergyPlus) and BIM-based architectural design programs (Revit, GoogleSketchUp) in this paper.

**Key words:** Building Information Modeling(건축정보모델링), Environmental Performance Analysis(환경성능분석), Interoperability(상호호환성), Case study(사례분석)

### 1. 서 론

#### 1.1 연구의 배경 및 목적

지구온난화에 따른 탄소배출량 저감 의무화 및 고유가가 계속적으로 지속되면서 전세계적으로 에너지 소비와 이산화탄소 방출을 줄이기 위한 노력을 적극적으로 추진하고 있다. 이에 따라 전체 에너지 소비의 약 40% 정도를 차지하고 있는 건물에서의 에너지 사용량 및 탄소 방출량을 줄이고 환경부하를 저감할 수 있는 친환경/저에너지 건축물 구축 관련 기술 개발에 대한 노력이 활발해 지고 있다. 이러한 친환경 건축물 구축 기술을 설계단계부터 검증하기 위한 방안으로 최근 건축정보모델링(Building Information Model-

ing, BIM) 기술이 주목받고 있다.

건축정보모델링은 컴퓨터를 이용하여 건축물의 설계데이터뿐만 아니라 관련 모든 정보를 모델링하여 건축물의 설계단계부터 건물의 운영 및 폐기단계까지 활용하는 기술이다. 이는 하나의 개체나 소프트웨어 기술이 아닌 건축물을 창조하고 구축하는데 관련된 모든 프로세스와 인간의 행위를 광범위하게 포함하는 것이다. 따라서 이러한 건축정보모델링은 건축주, 설계 및 관련 엔지니어, 시공자, 도급업자 및 제조업자 등 건축물 구축과 관련된 모든 주체들의 행위 패러다임을 바꾸고, 보다 나은 건축물 구현을 위한 지원기술을 제공할 수 있는 가능성을 내포하고 있다. 현재 설계도구로서의 건축정보모델링 기술은 기존에 많은 연구가 진행되고 있으며, 실무에서 활용할 수 있는 BIM 기반 상용 설계지원프로그램도 속속 출시되고 있다. 하지만, 건축물의 친환경 성능을 분석하고 대안을 제시할 수 있는 BIM기반 환경성능분석 기술에 대한 연구는 현재 진행이 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 사례분석

<sup>†</sup> Corresponding author

Tel.: +82-31-8005-3750; fax: +82-31-8005-3704

E-mail address: chms2002@hanmail.net

을 통하여 건축정보모델링 기반 건축물의 설계정보와 환경 분석 기능의 유기적 데이터호환성을 평가하고 문제점 도출을 목적으로 한다.

## 1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 먼저 관련자료 수집 및 선행 연구동향을 분석하고 IFC, gbXML 등과 같은 데이터 프로토콜을 비교 분석하며 설계지원프로그램 및 환경성능분석 프로그램을 평가한다. 이를 바탕으로 한 기술개발의 단계로 설계지원프로그램 및 환경성능분석 프로그램의 데이터 호환 프로토콜을 분석하고 Case study를 통해 친환경 성능 분석 데이터 호환성을 평가하여 문제점을 도출한다.

## 2. 선행연구고찰

BIM기반 환경성능분석과 관련한 연구가 국외에서는 활발히 진행되고 있지만 국내에서는 BIM의 활용도는 아직까지 초기단계로서 3D 모델링 위주로 활용되고 있다.

본 장에서는 국내·외 BIM관련 선행연구를 조사하여 국내의 연구진행단계를 파악하고 국외에서의 BIM기반 환경성능분석 관련한 연구내용을 분석하여 국내·외 BIM관련 연구동향을 파악하고자 한다.

국내에서 BIM관련된 연구는 IFC기반의 협업 체계에 관련된 연구와 BIM기반 설계지원 프로그램간의 호환성 테스트 관련 연구만이 다수 진행되었다. 하지만 국외에서는 이외에도 BIM을 활

용하여 환경성능분석을 할 수 있는 방법 및 BIM기반 설계지원프로그램과 환경성능분석 프로그램간의 상호호환성에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

BIM관련한 국내·외 연구현황은 다음 Table 1과 같다.

## 3. BIM 기반 성능분석 평가

본 장에서는 BIM기반 설계지원 프로그램과 건축환경성능분석 프로그램의 특징을 살펴보고 각 프로그램들의 장단점을 비교·분석한다. 또한 프로그램들 간의 데이터 호환성에 대하여 기술한다.

### 3.1 BIM기반 설계지원 프로그램 평가

#### 3.1.1 Revit

CAD가 도면의 “도형요소”(선·원 등)만을 작업하는 것에 비해 Revit은 “도형”은 물론 건축요소가 가지고 있는 모든 건축·구조·설비의 “비도형요소”까지 포함한다. Revit의 큰 장점은 파라메트릭(매개변수) 모델링 기법이다. 파라메트릭 모델링 기법이란 객체간의 관계 성립 조건을 지정하고, 그 조건에 따라 작동하게 하는 모델링 방법을 말한다. 또한 Revit은 어떠한 뷰를 수정하면 그와 연관된 다른 모든 뷰에 바로 반영이 된다. 이러한 양방향 호환성의 특징으로 설계 수정에 따른 작업 시간과 설계 오류를 줄일 수 있다. 하지만 Revit을 이용하여 모델링 시 파일용량이 큰

Table 1 Related Literature

	Study	Year	Researcher
D o m e s t I c F o r e i g n	Practical Cases of Cooperation System in Building Information Modeling(BIM)	2005	Kim <sup>(1)</sup>
	Current situations on initial BIM introduction in Korea and desirable BIM applications on environment analysis	2007	Park <sup>(2)</sup>
	A Study on Architectural Design of Elementary School Using Building information Modeling(BIM)	2007	Jun <sup>(3)</sup>
	Building Performance Analysis based on BIM under Consideration of Design Process	2008	Moon <sup>(4)</sup>
	IFC BIM-Based Methodology for Semi-Automated Building Energy Performance Simulation	2008	Bazjanac <sup>(5)</sup>
	Interoperability between Building Information models (BIM) and Energy Analysis Programs	2008	Kumar <sup>(6)</sup>

문제 때문에 로딩시간이 오래 걸린다는 단점이 있다.

### 3.1.2 ArchiCAD

ArchiCAD는 Object 개념(객체 지향적)의 라이브러리 사용으로 도면의 수정/편집이 간단하고 각각의 라이브러리(door, window, object, lamp)는 수치 및 특성에 대한 다양한 매개변수를 갖고 있으며, 이에 따라 하나의 라이브러리로 1000여 가지의 변형이 가능하다. 또한 ArchiCAD는 2D와 3D 작업 환경의 유기적인 연동으로 작업 시간을 단축하고 수정과 편집이 용이하다. Revit과 달리 layer기능을 가지고 있어 여러장의 도면을 동시에 수정하는데 용이하다.

### 3.1.3 Google SketchUp

Google SketchUp은 Google Earth와 연동하여 사용이 가능하다. 3D 모델링 후 3D 창고(3D Warehouse)를 이용하여 다른 유저들과 3D모델을 공유할 수도 있으며 다른 SketchUp 모델들을 다운로드 받을 수 있는 기능도 제공된다. Open Studio를 이용하여 EnergyPlus와 연동하여 건축 환경성능 분석에 활용할 수 있으며 또한 SketchUp Plugin을 이용 IES VE(Virtual Environment)와도 연동하여 사용가능 하다.

## 3.2 건축환경 성능분석 프로그램 평가

### 3.2.1 IES VE(Virtual Environment)

VE는 기본적으로 2부분의 시스템으로 구성된다. 첫번째 부분은 Virtual Environment 그 자체이며, 두 번째 부분은 각각의 응용기법들을 포함하는 영역이다.

Virtual Environment란 통합된 하나의 응용 프로그램들의 모음으로 열부하 시뮬레이션을 위한 ApacheSim, 조명 시뮬레이션을 위한 Radiance 그리고 태양 음영 해석을 위한 SunCast와 같은 모듈들이 있다. ModelIT는 3-D 기하학 모델의 입력을 위해 사용되는 응용 프로그램이다.

### 3.2.2 EnergyPlus

EnergyPlus는 연간 시각 별 기상자료를 이용하여 건물의 부하계산과 에너지 소비특성 해석을 위한 프로그램이다. 환기량과 환기 에너지 해석이 가능한 프로그램으로 계절별 특성분석과 시스템 시뮬레이션에 널리 활용되고 있다.

EnergyPlus의 주요 기능으로는 열 평형 부하 계산, 동일 시간대에서의 통합된 부하, 시스템, 플랜트 계산, 사용자 위주의 HVAC 시스템 해석, 다른 개발자가 새로운 시뮬레이션 모듈을 첨가하기 용이한 모듈구조, 그래픽 작업이 용이한 간단한 입·출력 데이터 양식 등이 있다.

## 3.3 Interoperability standard

설계지원프로그램과 환경성능분석 프로그램은 IFC 또는 gbXML과 같은 표준화된 프로토콜을 이용하여 상호데이터를 교환 할 수 있다. 본 절에서는 데이터 상호운용성(Interoperability)에 대하여 분석한 결과를 기술한다.

### 3.3.1 IFC

IAI(International Alliance for Interoperability)에 의해 개발된 표준정보모델(Industry Foundation Classes, IFC)로 응용도구들 간의 데이터 호환을 위해 건물의 생애주기를 다루는 표준 데이터 셋(standardized data sets)으로 개발되고 있으며, 실무적으로 적용되고 있다. IFC는 현재 BIM 데이터를 교환 및 공유하는데 있어 표준 데이터 포맷으로 적용되고 있다. 현재, IFC는 정보모델의 지속적인 개발뿐만 아니라, 실무적인 관점에서 적용이 이루어지고 있다.

### 3.3.2 gbXML

GreenBuildingXML, 친환경 건물 확장 마크업 언어, gbXML는 경제적인 빌딩자원의 설계를 위하여 필수적인 빌딩정보를 전달하기 위한 목적으로 설계되었다. IFC는 "top-down"모델로서 Product 모델의 규모가 크고 간단한 어플리케이션을 만드는데 문제점이 제기되고 있는 반면에 "bottom-up"의 접근 방법으로 개발된 gbXML은 XML기술을 활용하여 작고 사용이 편이한 장점이 있을 수 있다.

### 3.4 데이터 호환 프로토콜 분석

현재까지 설계지원 프로그램 및 성능분석 프로그램 간의 데이터 호환에서 Interoperability standard인 gbXML과 IFC 및 CAD형식 파일이 사용가능 하며 이 중 gbXML이 가장 효과적인 것으로 분석되었다. 대표적인 설계지원 프로그램인 Revit Architecture, Revit MEP의 경우 gbXML 형식으로 파일을 export할 수 있고 성능분석 프로그램인 IES VE와 GreenBuildingStudio에서 이 파일을 import하여 성능분석에 활용할 수 있다. IES VE와 GreenBuilding Studio는 현재까지 gbXML형식의 파일만을 유일하게 import할 수 있다. Revit의 경우 현재 수동적으로 파일을 내보내고 가져오는 방법 외에 VE Toolkit 및 VE ware를 이용한 간단한 환경성능 분석도 가능하다. Google SketchUp은 성능분석 프로그램과의 직접적 데이터 호환은 불가능 하나 EnergyPlus 및 VE ware를 이용한 건축환경 성능분석은 가능하다.

## 4. 사례 분석

본 장에서는 BIM기반 설계지원 프로그램과 환경 성능분석 프로그램과의 사례분석을 통해 각각의 연동방법 및 호환상 문제점을 기술한다.

### 4.1 Google SketchUp + VE ware

상호 운용성에 대한 평가를 위하여 먼저 Google SketchUp과 VE Ware를 사용하여 사례

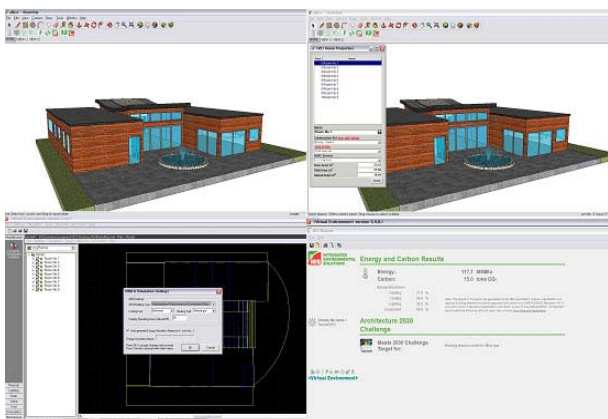


Fig. 1 SketchUp-VEware simulation process

분석을 실시하였다. 대상건물은 일반 사무소 건물로 선정하여 시뮬레이션을 수행하였다.

SketchUp과 VE 사이의 연동을 위해서는 SketchUp plugin이라는 연결 프로그램의 설치가 필요하다. VE ware 버튼을 실행시키면 SketchUp의 디자인 모델이 자동으로 gbXML로 변환되어 VE상에 분석모델로 나타나게 된다. VE 상에서 건물의 Type이나 건물에 사용되는 연료 등의 간단한 조건 설정 후 성능분석을 실시하게 된다. 성능분석 후 결과로 에너지 사용량, 온실가스 배출량 등의 간단한 결과를 얻을 수 있다. 하지만 Google SketchUp은 건물모델링 시 재료 속성을 입력하는 부분이 없이 기본값이 입력되기 때문에 VE ware를 이용하여 환경성능분석 시 정확한 값을 얻을 수 없다. 따라서 정확한 성능분석을 위해서는 VE를 이용하여 재료속성 등 다양한 분석 조건을 입력해야 한다.

fig 1은 SketchUp과 VE ware를 이용한 건축환경 성능 분석의 프로세스를 보여준다.

### 4.2 Revit Architecture + VE

두 번째 사례 연구에서는 BIM기반 설계지원 프로그램으로 Revit Architecture 2009를 사용하였으며 성능분석 프로그램은 IES VE 5.9를 사용하여 시뮬레이션을 실시하였다. 대상건물은 도서관 건물로 선정하였다.

Revit Architecture로 모델링하고 VE와 연동하여 ApacheSim을 이용한 에너지 소비량, 냉난방 부하, 온실가스 배출량 분석을 실시하였다. ApacheSim에서도 대상 모델의 구성재료 및 건물 시스템 등의 수정이 가능하며 건물 스케줄,

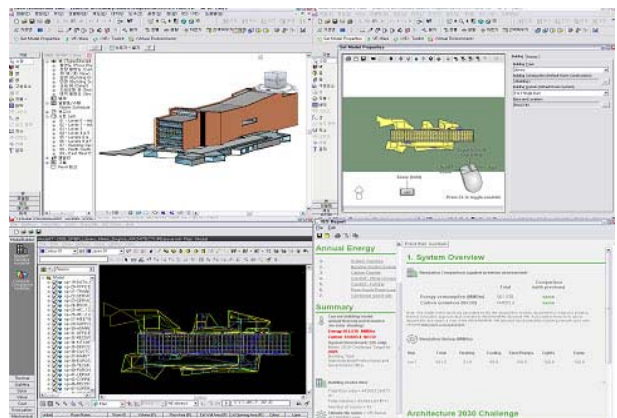


Fig. 2 Revit-VE simulation process

Heating/Cooling set point, 기상 데이터 등을 설정하여 시뮬레이션을 실시하게 된다. 기상데이터 이용 시 본래 .fwf 파일이 사용되나 .epw파일 또한 사용 가능하다. Revit과 VE를 이용한 성능분석은 어느 정도 설계가 진행된 상황에서 이용 가능하다. 또한 Revit은 3D 모델링을 특징으로 하고 있는 반면, VE는 3D디자인 모델을 2D의 분석모델로 전환하여 단순화 시키기 때문에 이 과정에서 분석모델을 재수정해야하는 문제가 발생한다.

Fig. 2는 Revit과 VE를 이용한 건축환경 성능 분석의 프로세스를 보여준다.

### 4.3 Google SketchUp + EnergyPlus

세 번째 사례 연구에서는 Google SketchUp 6을 이용하여 건물 모델링을 실시하였고 Energy Plus를 이용하여 건물성능분석 시뮬레이션을 실시하였고 서울의 공동주택 세대를 대상으로 하였다. Google SketchUp 및 EnergyPlus를 활용한 건축환경성능 분석을 위해서는 우선 두 프로그램 사이의 연동이 필요하므로 EnergyDesignPlugin 프로그램을 설치하였다. 시뮬레이션 대상건물은 아파트 한 가구를 선정하였고 SketchUp 및 Energy Toolbar를 이용하여 간단히 모델링 하였다. 모델링이 완료되면 file info를 통해 Zone, Surface가 맞게 생성되었는지 확인 후 object info를 이용하여 각각의 Zone, Surface들의 속성을 입력한다. 이 입력 값은 EnergyPlus의 model geometry이 그대로 반영되기 때문에 정확하게 입력해야 한다. 문제점으로는 이렇게 존을 생성

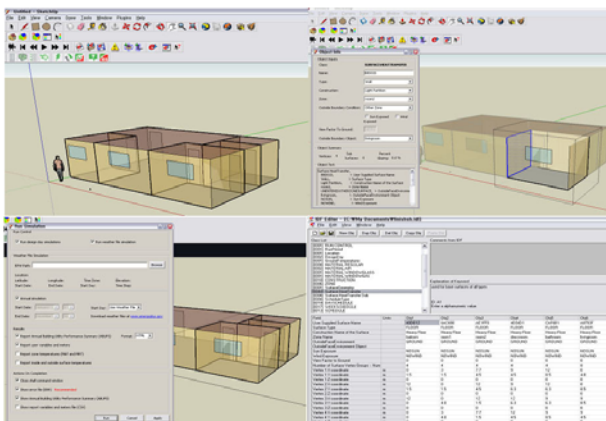


Fig. 3 SketchUp-EnergyPlus simulation process

하여 모델링 작업을 하는 과정에서 에러 발생이 잦았고 문서를 불러오는 과정에서 설정된 디렉토리에서만 문서열기가 가능했다. 또한 위에서 언급했듯이 SketchUp에서는 재료 속성에 대한 입력부분이 없기 때문에 기본값이 입력되고 완료 후 simulation을 실행하면 .idf파일이 생성되지만 EnergyPlus에서 재료부분을 다시 수정해야 한다.

fig 3는 Google SketchUp과 EnergyPlus를 이용한 건축환경 성능분석의 프로세스를 보여준다.

## 5. 상호운용성에 대한 문제점

앞장에서 살펴본 BIM적용 건축환경분석에 대한 내용을 기반으로 상호운용성에 문제점을 본장에 정리하여 기술한다.

### 5.1. 건물 정보 입력값의 불확실성

일반적으로 설계단계는 기본구상, 기본계획, 기본설계, 실시설계의 순서를 거쳐 이루어지게 된다. 건축설계의 각 단계별 정보들은 설계 프로세스가 진행됨에 따라 정량화 되고 구체화 된다. 때문에 설계 단계의 초기에는 성능분석을 위한 구체적인 정보를 얻는 것이 거의 불가능하다. 이러한 이유로 현재 설계단계의 거의 모든 건축환경 성능분석이 실시설계 단계에서 구체적인 정보가 완성된 이후에 이루어진다. 설계 초기단계에서는 성능분석 시 적용해야 하는 입력 값들이 매우 불확실하다. 이러한 이유로 성능분석 시 임의 값을 사용하거나 성능분석 도구의 기본값을 사용하는 경우가 많은데 이는 건축환경 성능분석의 정확성을 확보하기 어려운 요인이 된다.

### 5.2 모델간의 호환성 문제

이들 프로그램의 경우 일부 호환성에 문제점이 있는 것으로 보인다. 대표적으로 곡면이나 커튼 월과 같은 부분들에서 호환이 되지 않는 문제점이 발생하였다. 또한 BIM기반 설계지원 프로그램의 모델을 성능분석용 모델로 전환하는 과정에서 분석에 적합한 모델인지 여부를 체크하게 되는데 3D 모델의 2D 모델 전환으로 인접한 벽이 교차되거나 완벽한 존이 구성되지 않아 시뮬레이션에서 제외되는 등의 문제점이 발생된다. 따라

서 BIM기반 설계지원 프로그램을 이용한 설계 시에 성능분석까지 고려한 정확한 존 및 경계설정 등의 노력이 필요하다고 판단된다.

### 5.3 설계프로세스와 성능분석 인터페이스

현재의 환경성능분석 프로그램들은 건축 설계 단계를 고려하지 않고 분석에 필요한 모든 데이터를 요구하고 있다. 따라서 인터페이스가 일률적으로 고정되어 있으며, 요구되는 데이터가 없는 경우, 임의의 값을 넣어야만 분석을 수행할 수 있다. 이러한 점을 개선하기 위해서는 설계지원 프로그램과 성능분석간의 인터페이스가 설계 단계를 고려할 수 있도록 변경되어야 할 것이다.

## 6. 결 론

본 연구에서는 BIM기반 건축 설계 지원프로그램과 환경성능 분석 프로그램에 대한 데이터 호환 기준을 살펴보고 사례분석을 통하여 호환성능을 검토하였다. 이를 통하여 BIM 기반 성능 분석시의 문제점을 도출하였으며, 다음과 같은 결론은 도출 할 수 있었다.

(1) 설계 단계의 초기에는 성능분석을 위한 구체적인 정보를 얻는 것이 어렵고 성능분석 시 적용해야 하는 입력 값들이 매우 불확실하다. 따라서 설계 진행 과정에 따라 가용한 정보를 바탕으로 성능분석을 할 수 있는 인터페이스의 개발이 필요하다.

(2) BIM기반 성능분석 시 3D 디자인 모델을 2D의 분석모델로 전환하여 단순화 시키는 과정에서 대표적으로 곡면이나 커튼월과 같은 부분들에서 호환이 되지 않는 문제점, 인접한 벽이 교차되거나 완벽한 존이 구성되지 않아 시뮬레이션에서 제외되는 등의 문제점이 발생된다. 따라서 BIM기반 설계 지원프로그램을 이용한 설계 시에 성능분석까지 고려한 정확한 존 및 경계설정 등의 노력이 필요하다.

(3) 현재의 성능분석 프로그램들은 건축 설계 단계를 고려하지 않고 분석에 필요한 모든 데이터를 요구하고 있다. 따라서 인터페이스가 일률적으로 고정되어 있으며 인터페이스의 유연성이 없으며 설계지원 프로그램과 성능분석간의 인터페이스가 설계 단계를 고려할 수 있도록 변경되

어야 할 것이다.

본 연구의 결과를 토대로 개선방안도출과 프로세스를 고려한 새로운 인터페이스 개발을 위한 후속연구가 진행되고 있다.

## 후 기

본 연구는 대한건축학회·대한주택공사의 2008년도 신진연구자 발굴 사업의 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 참고 문헌

1. Kim. I. H., et all. 2005. Practical Cases of Cooperation System in Building Information Modeling(BIM), Proceedings of the Society of CAD/CAM Engineers, 2005. 12. CAD/CAM/CAE System 2, pp 689-692.
2. Park. S. H., et all. 2007, Current situations on initial BIM introduction in Korea and desirable BIM applications on environment analysis, 2007, Proceedings of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, 2007. Vol. 7, No. 2, pp. 147-154.
3. Jun. H. J., et all. 2007, A Study on Architectural Design of Elementary School Using Building information Modeling, Proceedings of the Korean Institute of Educational Facilities, 2007. Vol. 14, No. 3, pp 5-16.
4. Moon. H. J., et all. 2008, Building Performance Analysis based on BIM under Consideration of Design Process, Housing & Urban Research Institute, 2008. 12
5. Bazjanac V., 2008, IFC BIM-Based Methodology for Semi-Automated Building Energy Performance Simulation, Lawrence Berkeley National Laboratory Paper LBNL-919E
6. Sumedha Kumar. 2008, Interoperability between Building Information Models(BIM) and Energy Analysis Programs, Master Thesis, University of Southern California
7. Moon. H. J. et all., 2009, 「BIM Handbook」 Spacetime