

空間情報を活用したGIS演習科目実践事例

鈴木 勉

教育現場における空間データの利活用は、大学や大学院の教育においても大いに進んでいる。本稿では、筑波大学において筆者が担当している授業科目を例に、空間情報をどのように活用しているかを紹介する。

キーワード：空間情報 (spatial information), GIS 教育 (GIS education), フィールドワーク (field work), 防災 (disaster prevention)

1. はじめに

空間情報は、ナビゲーション、土地・施設管理、マーケティングをはじめとして広範な分野で急速に普及し、さまざまな場面で私たちの生活に活用されるようになってきた。スマホを使えば、自分の居る場所を直ちに地図上に表示させることができるし、周辺の見どころや食事のできる場所もすぐに検索してくれる。

地理学や環境科学、都市計画・設計などの空間を対象とした分野では、こうした空間情報のリテラシーが重要であることは論を待たない。大学や研究所で研究に携わるにせよ、企業や官公庁で実務に携わるにせよ、空間情報を「使う」技術と「つくる」技術は、ともにニーズの高いスキルとなってきている。

このような背景から、大学や大学院においてもさまざまな地理情報に関する教育（本稿ではGIS教育と呼ぶこととする）の取り組みがなされてきている。とはいえ、教える方法に統一的なものがあるわけではない。GISの教科書は年々充実してきているとはいえ、各大学の教員はさまざまな試行を繰り返しながら効果的な教授法を模索している状況であると思われる。

そこで本稿では、筑波大学の都市計画分野での学部（筑波大学では学群・学類と呼ぶ）および大学院レベルで筆者が実践している授業での取り組みを紹介し、その効果と課題について考えてみたい。

2. 学部レベルでのGIS教育

筆者の担当する筑波大学理工学群社会学類では、学

部レベルでの都市計画教育のカリキュラムの中で、講義・実習・演習の複数科目にわたって幅広くGISを用いた教育を行っている。社会学類は、社会経済システム主専攻、経営工学主専攻、都市計画主専攻の3つの主専攻に分かれており、学生はいずれかの専攻を選び、それぞれの卒業要件を満たすべく学習する。GIS教育を実施している科目は、主として都市計画主専攻の専門基礎科目および専門科目として提供されている。

一般に、GIS教育には、以下のような種類があると考えられる。

- ① 地理情報の取得・作成・管理技術に関する教育
- ② 地理情報の処理・解析方法に関する教育
- ③ 地理情報を用いた表現技術に関する教育
- ④ 地理情報の応用とその有用性に関する教育

社会学類は、社会的問題に関して工学的な考え方で対処し、その解決方法を考えることのできる学際的な人材を育てることを教育目標としている。重要なのは、工学的手法の社会の諸現象への適用が主目的であることであり、この意味で、社会学類におけるGIS教育は④が最も重要である。このような観点から、社会学類では、地理情報科学を一つの独立した体系として教えるというよりも、むしろ都市計画基礎教育の一環として複数の科目にわたってGIS教育を取り込み、それぞれの科目での教育目的に応じて必要な事項を絞って取り扱っている。多様な科目でGISを取り入れていることによって、①多くの学生が何らかの形で一度はGISに触れる機会を持つことができ、②GISのニーズを理解しながら学べるため身につけやすくなっている。

筆者が分担当している科目の一つである「都市データ分析」は、都市・地域分析を行う際に必要なデータを用いた都市・地域の空間把握・分析の方法を習得することを目的とした講義および演習科目であり、①デー

すずき つとむ
筑波大学 システム情報系
〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1
Tel.029-853-5186
E-mail: tsutomu@risk.tsukuba.ac.jp

表 1 「都市データ分析」講義概要

回	テーマ	主な内容
1	都市空間を定量的に把握する	ベクターデータ、ラスターデータ、スケール、空間単位、1/2500 都市計画図
2	都市空間指標の計測	現地踏査による PDA を用いた空間計測
3	都市空間指標による地区分類	建蔽率・容積率（グロス/ネット）・棟数密度・道路率等の算出方法、クラスター分析、地区特性指標による地区分類
4	空間回帰モデル	重回帰分析による地価推定
5	ネットワーク分析	ネットワークデータの処理、アクセシビリティ評価
6	総合的指標による特徴分析	主成分分析の基礎
7	都市環境指標の計測 (1)	主成分分析を利用した市町村特徴分類
8	都市環境指標の計測 (2)	クラスタリングを利用した緑地率推定
9	空間統計学の基礎	パリオグラムとクリギング内挿
10	空間統計学を用いた空間内挿法	地理変数の空間依存性

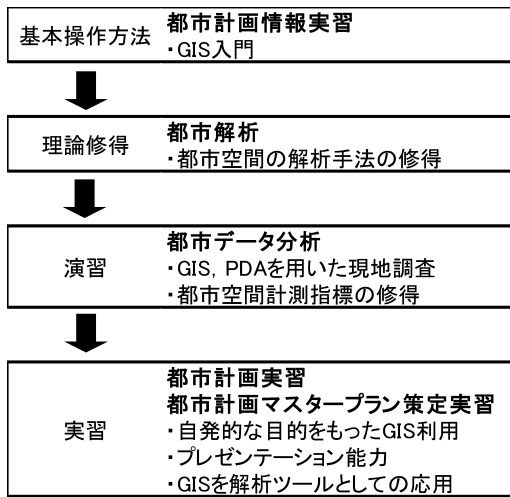


図 1 GIS 関連科目

タによる都市把握と空間計測手法と②多変量解析手法の修得を演習課題を通して行う。ここでは、この科目で行った GPS 搭載 PDA（またはタブレット PC）を用いた演習の実施概要と結果について紹介する。

概要は表 1 のとおりである。1 回 2 コマ 150 分、全 10 回を 2 名の教員が担当しており、筆者が担当しているのは前半 5 回分である。留意点は以下のとおりである。

- ① GIS のニーズを理解しながら学べるようにする。
- ② 初心者想定して、GIS に関する理解を深めながら「空間データの取得方法」を学べる内容とする。
- ③ 都市計画の基礎的教育目標である「空間スケールの計測と把握」を行い、「市街地環境基礎指標の意味」を理解できるように設計する。

- ④ 他専攻の学生も履修しているため、平易で興味を持って取りかかることのできるプログラムとする。

最初の 3 回では空間スケールの把握を目的とした都市空間の計測と把握と、そのデータを用いた地区分類を行う（図 2）。特に第 2 回では、学生が対象地域に実際に赴き、目測や歩測など自ら考えた方法で建物の高さ、対象街区の建物階数や道路上の距離などを PDA を用いて計測し、建蔽率、容積率や道路率といった市街地環境を表す指標も推測し、空間スケールを体得する。また土地面積の計測として GPS 機能を用いて、街区代表点の位置情報をモバイル GIS 上にポイントデータとして記録することを体験する。対象地区の座標データをもとに、建蔽率や容積率などの都市空間指標を計算するプロセスを修得する。容積率の計算については、現地調査時に入力した建物階数データを GIS で確認しながら使用できるようにしている。座標法による都市空間指標の計測とともに、現地調査で取得した街区代表点の座標データを使用した場合との誤差の考察も行う。第 3 回では、地区をよりマクロな視点でとらえ、第 2 回までに学んだ空間指標を用いた地区分類を行う。

受講生は平均約 30~40 名であるが、9 台の PDA またはタブレット PC を用意し、5 人程度を 1 グループとしてすべての学生が交代で PDA を用いた実習を体験できるようにしている（図 3、写真 1）。PDA の使用方法については、マニュアルを作成し、教材とともに参照できるようにすることで、学生が自主的に調査を行うことができる。

この授業における筆者担当回での目的は、都市空間におけるスケール感の体得、都市計画基礎指標の意味の理解、計測方法の実践にある。GIS の利用は直接的

第1回 都市空間の計測と把握

目的	内容	扱うデータ	作業
空間スケールの把握	スケールの計測(高さ、距離) 空間単位の把握(建ぺい率、道路率、頭数密度) 現地踏査による1/2500都市計画図を用いた空間計測	建物の高さ 道路距離 建物階数 建築面積 土地面積 位置情報	デジタル地図データでの距離計測 デジタル地図データへの階数の入力 GPSによる位置情報取得

↑ ↓
:現地調査で得た建物階数データを容積率の計算で用いる。
また、その他の空間指標については、座標法による計算結果と比較し、誤差を考察する。

第2回 都市空間指標の計測

目的	内容	扱うデータ	作業
座標法の習得 現地調査との誤差の考察	座標法による空間単位の計算(建ぺい率、道路率、棟数密度、容積率)	建物の高さ 道路距離 建物階数 建築面積 土地面積	地図データから取得

↑ ↓
:演習 I・II で学んだ都市空間指標データと町丁目を表すデータを用いて地区を分類する。

第3回 地区分類

目的	内容	扱うデータ	作業
地区分類法の取得	都市空間指標を用いて町丁目別の地区を分類する。	建ぺい率 容積率 人口 など	

図2 「都市データ分析」第1回～第3回の授業概要

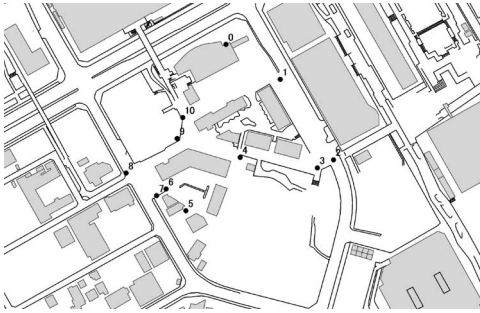


図3 学生が取得した座標データの例



写真1 PDAを用いた野外調査

な目的ではないが、PDAを取り入れたプログラムを導入したことによって、GISの基本的機能の修得と都市計画分野に必要な地理情報の理解の助けになったと評価することができる。また、このことが本来の目的の達成に好影響をもたらしている。

本プログラムのもたらしたメリットとして、第一に、

初学者の多い学類2年生に対してGISに触れる良い機会を与えることになっていることが挙げられる。社会工学類都市計画専攻では必修科目の割合が少ないので、基礎的な科目においてGISに触れる機会をできるだけ設けておくことは重要である。

第二に、機器を利用した調査・計測の体験機会を提供できることである。作業支援ツールとしてPDAを利用することは、①コンピュータリテラシーの向上、②フィールドワークの重要性の理解、③現場での屋外空間のスケール把握の機会提供、④GPS精度の理解などの副次的知識習得、⑤都市調査技術に関する発想力醸成などの効果がある。GPSによる位置データの取得を体験させることは、プローブカーやプローブパーソン調査など、新たな都市調査手法の理解の一助としても有効であると考えられる。

逆に、本来の目的である都市空間の把握の観点からは、計測手法の煩雑さや機械のトラブルに気が奪われて、その達成の障害になっている可能性も捨てきれない。グループ作業のなかでの各学生の役割分担、他の学類におけるカリキュラムとの連動やスタッフとの協力、支援ツールの共有化なども課題である。

社会工学類にはほかにもGIS関連科目があるが、学生がこれらの科目をすべて受講するとは限らず、また受講の順序もまちまちであるため、体系的なカリキュラムを構成することは難しい。しかし、とりあえず触れる機会を提供することとそれを必要とする課題を与えることによって、ほとんどの学生が卒業時までにはGISを習得することができているようである。社会工学類では学生が端末室を自由に使用できる環境整備を

表2 システム情報工学研究科における GIS 関連科目一覧

講義名	授業体系	専攻	教員
空間情報科学	講義中心	社シ工	1人
都市機能リスク論	講義中心	リスク	1人
都市空間のフィールドワーク演習	演習中心	社シ工	3人
地理情報演習	演習中心	社シ工	3人
都市リスク分析演習	演習中心	リスク	5人

注) 社シ工：社会システム工学専攻（経営・政策科学専攻でも選択科目）
 リスク：リスク工学専攻

表3 「都市リスク分析演習」講義概要（平成18～20年度）

週	内容	
第1週	ガイダンス	GISの動作確認、グループ決め
第2週	講義	木造密集市街地の延焼危険性、GIS概論
	演習	空間指標の計算、コロプレスマップ
第3・4週	講義	出火危険度、延焼危険度の算出方法
	演習	検索、切り出し、統合、CVFの計算
第5週	中間発表	課題A
第6週	講義	都市防火区画の適正規模
第7週	講義	都市防火区画の整備順序
第8週	作業	グループワーク
第9週	作業	グループワーク
第10週	最終発表	課題B, C

行っており、このようなプログラム提供の結果として、究極的には学生自身による自発的なGISの活用を促すことができれば良いと筆者は考えている。

3. 大学院レベルでのGIS教育

一方、大学院レベルの教育では、学類と比べてより詳細かつ応用指向のGIS教育のニーズが高い。これは、修士論文や博士論文のための研究遂行上、より高度な地理情報処理・解析技術が必要となるばかりでなく、具体的な研究課題を取り扱ううえで地理情報そのものや、それをを用いた分析が有用であることをできるだけ早い段階で修得したいという学生が多いためである。

筆者の担当するシステム情報工学研究科では、社会システム工学専攻、経営・政策科学専攻、およびリスク工学専攻でGIS教育に関する講義が開設されている。主な講義を表2に示す。講義中心の科目として、「空間情報科学」と「都市機能リスク論」がある。前者は、基本的なGISの概念や操作を中心とした講義である。一方、後者は、自然災害・火災・事故といった都市に存在するリスクに関する対策と管理を対象としたGISの活用方法に特化した内容を含んだ講義を行っている。演習中心の科目も充実しており、学生がGISを用いて課題に取り組める内容となっている。学生は必要に応

じて、専攻を超えてこれらの科目を選択的に組み合わせることで履修することができる。

「都市リスク分析演習」は、東京都を対象とした地震時の被害可能性に関する講義、都市リスクの把握・分析・評価・管理の手法とそのなかでのGISの活用方法を修得する演習からなり、学生2～4名で構成するグループワークによる3つの課題を課し、グループ・個人のプレゼンテーションを行う科目である（表3）。平成18～20年度は市街地の地震火災危険性を、21年度からは避難危険性を対象として取り上げ、防災対策として都市防災区画計画と避難場所整備計画を実際に策定することを演習の課題としている。担当教員は5名、履修生は毎年10名前後であり、博士後期課程の大学院生1名がTAを担当する。

平成18～20年度に実施した例を紹介すると、講義部分は、東京都の地域危険度に関する講義とGISに関する講義に分けられる。地域危険度に関する講義は、教員が分担して、以下のような内容で行われている。

- ① 木造密集市街地の延焼危険性を中心とした対策
- ② 町丁目別集計データを用いた出火危険度の算定
- ③ 町丁目別集計データを用いた延焼危険度の算定
- ④ 都市防火区画の適正規模
- ⑤ 都市防火区画案の評価と整備優先順位

⑥ 都市防火区画の整備優先順位に関する数理解説
木造密集市街地では、地震時の火災・延焼の危険性や建物倒壊の危険性が憂慮されている。これらの危険度への対策として、都市防火区画の設定が行われる。都市防火区画とは、大地震時の同時多発火災による被害を局限化するための建設的な都市防火対策手法である。木造建築物が密集し市街地大火の危険性の高い地域を、延焼遮断帯のネットワークによってあらかじめ多数の都市防火区画に分割することにより、都市の資産と機能の保全とともに人命の保全を図ることが可能になる。

都市防火区画の計画策定手順は、①都市の現況評価、②都市防火目標と区画の設定、③都市防火区画計画の評価、④都市防火区画の整備計画の策定、⑤延焼遮断帯の設計となっている。この手順を参考に、課題では学生が各自、都市防火区画の設定案を考えることになる。

GIS に関する講義については、GIS に関する用語やシステムなどの基本的な定義から、GIS で扱うことができるデータ、空間解析手法までを教授する。また、市街地環境を表す空間指標の種類と、防災性能を評価するための建蔽率、木防棟数密度（純木造および防火木造建物の棟数密度）、不燃領域率、CVF (Covering Volume Fraction) などの計算方法についても説明する。GIS については実践を重視しているため、講義部分のウェイトは小さくしており、基本操作と計算方法に主要な時間を割くことにしている。



図4 演習による操作例 (CVF の計算)

演習では、講義で学んだ東京都の地域危険度について GIS を用いて計算、表示する作業を行う。作業手順を示す詳細なマニュアルを作成し、それを示しながら学生も同時に作業を進めるという形式をとっている。学生はノート PC を持参、無線 LAN でネットワークを接続し、ESRI 社の ArcGIS ネットワークライセンス

を用いて、①データのダウンロード、②建物構造マップの作成、③建蔽率、木防棟数密度などの計算、④空間検索、切り出し、結合、⑤CVF の計算 (図 4) の順で演習を行う。講義ホームページから学生が各自講義資料と ArcGIS の操作マニュアル、使用するデータをダウンロードできるようになっている。

学生は 3~4 名のグループに分かれ、グループワークとして演習を進める。課題の目的は、「対象地域を選定し、都市防火区画を設定すること。また、その評価と整備順序についても考察すること」である。演習は 3 つの課題 A, B, C によって進めていくことになる。

- ① 課題 A: 都市防火区画設定領域の選定とケーススタディ領域の不燃空間抽出
- ② 課題 B: 都市防火区画規模の決定と区画案の設定
- ③ 課題 C: 最終計画案・整備順位の作成と評価検討

課題 A では、都市防火区画設定領域の選定するために、木防建蔽率、不燃領域率などのコプロスマップを作成して、東京 23 区の中からグループで対象とする問題地域としての領域を決める。また、必要に応じて現地踏査や Google Earth などを用いて、木造密集市街地の様子などを適宜検討する。対象地域の選定方法は各班によって着眼点を考えさせて選定するため、異なるものとなる。ある班では、火災発生の危険性を出火件数期待値密度、人命の危険性を世帯密度、建物被害の危険性を木防棟数密度によって定義し、それらがいずれも高い地域を抽出し対象地域を決定するといった具合である。中間発表では、課題 A の結果を作業進捗状況として発表し、担当教員からのコメントを受け、対象地域を最終決定することになる。

課題 B, C では、各班員 1 人 1 人が班で共通の地域を対象にそれぞれの都市防火区画の設定案を考え、それらを班内で比較検討する。防火区画の設定コンセプトとしては、整備コスト最小化、平均分割、出火率が高い地域を重点的に分割するといった方針が主なものであり、どういう観点に重きを置くかによって地域全体を段階的に小さなセルへと分けていく分割型か、問題地域を重点的に小分けにしていく増殖型かを決めていくことになる。コストとして整備長、整備効果として焼失棟数期待値の削減率といった指標を設定し、それらの間のトレードオフ関係を考慮しながら、望ましい整備案を検討する (図 5, 図 6)。また、静的な整備案だけでなく、動的な整備順序についても検討する。整備すべき距離の短い遮断帯から整備する、出火率が高い地域から整備する、すべての工期を対象とした望ましい整備順序を決定するなどがその方針の代表例と

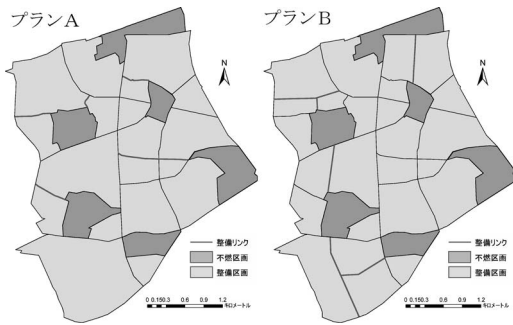


図 5 都市防火区画設定の例



写真 2 最終発表会でのプレゼンテーション

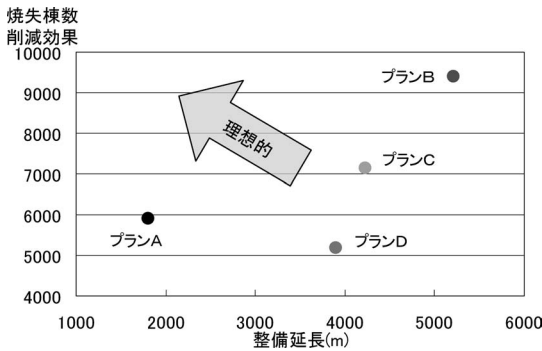


図 6 都市防火区画整備案の比較

して挙げられる。

各班が決定した都市防火区画の最終計画案は、最終発表会におけるプレゼンテーションで公開し、お互いに議論を行う。担当教員やTA、履修学生からの質問、意見等を交換し、各案の総合的な評価を行う(写真2)。プレゼンテーションのあとは、学生は各自の案の再検討、個人的な見解をレポートにまとめて提出する。

平成21年度からは、同様の構成により、地震時の避難危険性をテーマとして、現況の評価と避難危険性の軽減に資する市街地や街路、避難場所の整備方策立案に関する課題をテーマとして実施している(図7)。

本科目は大学院レベルの演習科目であるので、留意点としては、

- ① 現実的・実際の課題を取り上げること
- ② 課題を与えることによって目的を持たせること
- ③ そのなかで有用な方法としてGISを教育すること

が挙げられる。学類の科目では、興味を持たせることに主眼が置かれているが、大学院レベルでは、学生の知識レベルの向上とともに、研究への適用可能性に気づかせることに主眼を置いている。本科目による達成項目としては、①演習を通して学生にGISの基本操

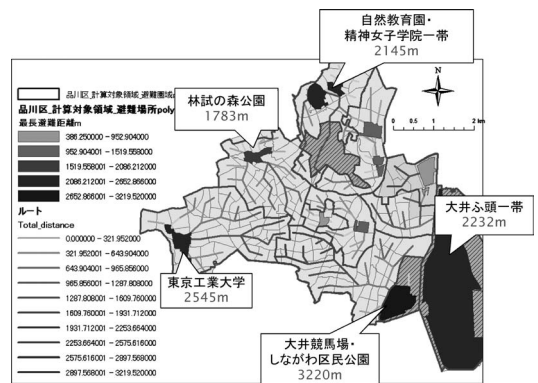


図 7 避難危険性からみた問題地区検出の例

作とGISを活用した課題解決方法の修得、②グループワークによるGISの活用とコミュニケーションの能力の向上などが挙げられるが、履修者への授業評価の結果や専攻として実施している授業モニタリングの報告を見ても、これらの観点からの本科目に対する評価は良好であり、GIS技術の獲得に関する満足度も高く、一定の成果を挙げていると言える。

リスク工学専攻は都市計画を学部時代に履修した学生だけでなく、ほかの社会工学の諸分野、あるいはほかの工学分野を専門とする学生からなっている。現在、本講義を受講する学生は、都市計画に関連した分野の学生がほとんどであるが、それ以外の学生も数は少ないものの履修している。本科目でもマニュアルの充実により、事前知識の乏しい学生であっても、課題をこなすことができるように工夫している。しかし、課題目的の理解については、それだけでは対応しきれない面が大きい。学際的な教育を目指すリスク工学専攻として、バックグラウンドや履修歴の異なる他分野の学生にも効果的な教授法を開発し、魅力ある講義づくり

をしていくことが課題である。

また、データ管理技術については、本科目では学生から自ら講義資料、使用するデータをダウンロードするシステムを確立しているが、ダウンロードファイルの系統化により、すべてのデータを一括してダウンロードするのではなく、学生が必要なデータを選択的に獲得するシステムを体系化することも考えられる。実際の研究においては、自らデータをダウンロードまたは購入するという手続きを踏むものであり、研究への応用力をつけるためには重要である。また、学生の提出ファイルのアップロードページの作成、ウェブアンケートの実施など Web 上でのデータ管理の充実も考えられる。

4. 効果的な GIS 教育に向けて

工学では、GIS は研究の対象というよりも、当該分野の目的を達成するための応用ツールであるという認識が強い。したがって、学部でも大学院でも、ニーズが先であり、必要性から教えるという点が共通している。したがって、効果的な教授法の最も重要な要件は、都市計画分野であれば、都市計画上の問題の解決のために GIS が有用であることを理解させることにあると言ってよい。本稿で紹介した科目は、こうした方針でプログラムがつくられていると見ることができる。

学部レベルでの GIS 教育は、高等学校の教育課程を経て、大学でも同一のカリキュラムを 1~2 年間学習してきた集団を対象としている。したがって、バックグラウンドや素養はほぼ均質であるが、多人数であり、学生の興味もさまざまである場合がほとんどである。したがって、多くの人に共通して興味を持つことのできる題材がよい。上述のように、工学分野では GIS の応用が重要である。したがって、GIS だけを教えるよりも GIS が横断的なものであることを理解させるためさまざまな講義で取り上げるほうがよいと考えられる。

一方、大学院レベルでの GIS 教育は、他大学・高専専攻科出身者や社会人学生の存在と専攻自体が学際的であることが特徴である。したがって、難しいことはあるが、できるだけ事前知識なしでできることが必要である。また、高度専門性に対するニーズが高いため、少ない時間数の中で演習との併用でまとまった課題内容を提供する必要がある。したがって、効率的な

時間の使い方ができるよう工夫が望まれる。また、多くの場合、履修者は少人数である。したがって、フットワークの軽さを利用した授業方法とグループワークによる相互補助による学習ができるようになっていることが望まれる。本稿で紹介した科目は、まだ克服すべき点は残されているものの、こうした観点から設計されている。

工学分野の特徴を強調したが、これは必ずしも他の分野の教え方と相容れないことを意味するものではない。社会医学、健康・福祉、社会科学などの分野でもニーズは高まっているが、むしろ、空間情報を取り扱うこうした分野の知識にも触れることにより、T 型ないし π 型と言われるような広い分野の基礎知識やもう一つの専門分野の修得へのきっかけを得ることができる。こうした観点から、特定分野を超えた地理情報教育の全体像を理解するためには、横の連携、すなわち、学群・学類間での協力関係や、サイトライセンスを有効に活用した共通カリキュラムの提供も視野に入れるべきであろう。学生にとっても、分野に固有のさまざまな教授法に接する機会を持つことは有効であり、総合大学の学際性を発揮する基盤となるであろう。また同時に、縦の連携、すなわち、学類と大学院における地理情報教育の連続性も重要である。大学院では、他大学や海外からの入学者も多くなっており、こうした学生への対応も課題である。

本稿の作成にあたっては、大学院科目のプログラム開発について、筑波大学システム情報系糸井川栄一教授、村尾修准教授、谷口綾子講師、梅本通孝講師の多大なるご協力を得た。また、渡部大輔氏、李召熙氏、杉安和也氏、崔唯爛氏には TA や資料作成のお世話になった。また、本文中、当該科目受講生の成果物を引用させていただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- [1] 鈴木勉・渡辺泰弘、GPS 搭載 PDA を利用した都市空間計測演習プログラムの開発、日本地球惑星科学連合 2007 年大会予稿集、J170-011, 2007.
- [2] 鈴木勉・糸井川栄一・村尾修・谷口綾子・梅本通孝・渡辺泰弘・李召熙・鎌田智之・黒住展堯・仲里英晃、都市リスク分野における大学院 GIS 教育の実践~筑波大学大学院システム情報工学研究科リスク工学専攻での取り組み~, 地理情報システム学会講演論文集, pp. 275-280. 2008.