

II-4 リモートセンシングデータによる上海市における都市開発の実態分析

敬 網林、久保幸夫

慶應義塾大学環境情報学部

概要 急ピッチで開発の進んでいる上海を対象に、GPSを用いてRSデータの幾何補正を行い、1979年、1986年と1993年のRSデータを用いて解析し結果、最近15年間に毎年 22km^2 の速度で都市域が急速に拡大している実態をはじめて定量的かつ空間的にとらえることができた。

1. はじめに

中国最大の商工業都市—上海は急速に近代都市へ移り変わろうとしている。市内を流れる黄浦江の東側に広がる浦東地区は国家プロジェクトとして急ピッチで開発が進められている一方、川の西側の浦西地区にもニュータウン建設や旧市街地の再開発で急変貌している。表1¹⁾は1979年以後の主要年度の建物延べ床面積の伸びを示したものである。ご覧のように1992年の建物延べ床面積は1978年より2倍以上も増えている。特に住居系は4倍以上にも伸びていることが示されている。

建築竣工面積の増加は必然的に市街地の拡大をもたらすが、統計データだけでは拡大された市街地の空間分布や傾向をみることはできない。それをみるには本来土地利用データが最も有効だが、上海ではその整備が遅れており、あるいはあっても手に入るのは非常に困難である。そこで、本研究では衛星測位システム（GPS）とリモートセンシングを用いて上海市の最近15年間の市街域の拡大を分析し、その変化を空間的にとらえようとした。

表1 1979年以後建築延べ床面積の伸び

年度	1978	1985	1992
居住系建物(万平米)	4117	12747.9	18209
非居住系建物(万平米)	4535.9	6303.6	8763
合計(万平米)	8652.9	14677.4	18209
平均居住面積($\text{m}^2/\text{人}$)	4.5	5.4	6.8

2. 上海市の概要

上海市は総人口1289万人（1992年末現在）、面積 6218.65km^2 で、14の区と6つの県からなっている。人口密度を平均的に言えば $2073\text{人}/\text{km}^2$ で、決して高い数字ではない。しかし、人口が多い割に市街地面積が狭く1989年現在市街化された土地面積は 280km^2 、都市人口704万人、人口密度 $25104\text{人}/\text{km}^2$ で²⁾、東京の $14093\text{人}/\text{km}^2$ 、パリの $20848\text{人}/\text{km}^2$ よりも高い世界一の過密都市になっているとも言えよう。

このような高密度都市が形成されたのは植民地都市としての歴史的要因もあるが、戦後新中国に数かたの30年間の計画経済で、もともとの金融・経済・貿易のセンターとしての上海の自律的改造と発展が抑圧されたことも大きな原因である。その結果、1978年改革開放当初、都市人口613万人、市街地面積 200km^2 、1人あたりの居住面積が 5m^2 足らずの悲惨な状態に落ちていた。

上海の本格的な都市建設は1978年の改革開放政策以降のことといっても過言ではない。以来、14年間都市インフラや住宅への投資が年々延び、表1に示したように一人当たりの居住面積も1978年の 4.5m^2 から 6.8m^2 へと増えた。居住水準としてはまだまだ低い、1949年から1978年までの30年間の伸びが 0.6m^2 だったことを考えれば大きな進歩だろう。

3. データの整備

このような15年間の開発進展を空間的にみるために複数の時期のリモートセンシングデータを手に入れた。最も古いものは1979年10月24日付けのMSSだった。そして、1986年5月15日付けと1993年6月3日付けのTMデータ。1979年は中国の改革開放政策が打ち出された翌年であり、変化抽出の初期状態とするには好都合である。1986年は1979年から7年後の変化をみることもできる一方、開放政策が都市で展開される初期で、当時浦東開発構想はまだ明確でなかった。1993年は1986年からの年全体の変化をみる一方、1990年に正式に打ち出された大プロジェクト—浦東新区の開発も3年間過ぎた時点であり、それまでの効果を検証するにも十分意義のあるデータである。写真1、写真2、写真3にはそれぞれ上海市中心地区の1979年のMSS、1986年と1993年のTMデータのフ

オールカラー画像を示している。

4. GPSによる衛星画像の精密補正

地理座標の記載のある正確な地図が入手できないのでリモートセンシングデータの精密幾何補正にGPS測定を行った。現地でSonyのIPS-360型ボタボGPS受信機より最も単純な単点測定で22点の経緯度を観測した。周知のように、GPSにはPコードとC/Aコードという二つのコードシステムがあり、一般にはC/Aコードしか利用できない。C/Aコードによる単点測定の精度は100m前後と言われている⁹⁾。今回の観測はデジタル表示を比較的に安定している時に5回観測し、平均をとるという簡単な方法で行った。全観測値のRMS誤差が約23mで、かなり良好な結果が得られたといえる。この精度で30mぐらいの解像度を持つTMデータの精密補正に使うには適切であろう。

観測座標を用いて幾何補正を行い、そのRMS誤差は54mである。この精度では10万ないし20万分の1レベルの地図を作ることが可能であり、TMデータの解像度ともマッチするので、途上国での中縮尺地図づくりには大いに利用できることが実証できた。

5. リモートセンシングデータの判読と分類

5.1 上海市の土地被覆の基本パターン

まず写真3に注目していただきたい。やや黒いところは旧市街地で、赤は植生を示している。明らかに上海市の土地被覆は旧市街地、中古市街地、新市街地、近郊野菜畑、一般農地及び水域からなっている。これらの土地被覆はバンド（旧イギリス租界）を中心に環状で郊外へ広がっていることがわかる。

・旧成市街地。主に市街地中心部に分布している高密度市街地で、輝度が低いことを特徴としている。これらの高密度市街地は戦前の共同租界と旧県城とはほぼ一致する。旧成市街地の南西側にスペクトル特性が全く違って、輝度が高く植生の多い地域がある。そこは戦前の仏租界の高級住宅街であって、いまでも比較的に良好な居住空間であることは衛星画像からはっきりとうかがえる。

・新市街地。輝度の最も高い地域で、造成地や新築団地及び新築道路等が含まれている。これらの多くは市街地の縁辺部に広がっており、市街地域の最新の拡大分を示している。

・中古市街地。旧市街地と新市街地の間に挟まれているグレイっぽい環状地域がこれに当たる。コンクリート集合住宅の内の年数のたったものが主であり、1978以前に立てられたものが多い。

・一般農地。郊外に広く分布する農地である。5月ごろには植生指数が高く（86年TMデータでは赤）6月初旬になると冬の農作物が収穫期に入り、植生指数が低くなり、写真3のフォールス・カラー画像では黄色く映っている。

・近郊野菜畑。一般農地と市街地との間に分布する赤またはピンク色の地域である。この地域の大半は1986年の画像では新市街地よりやや輝度の低いグレイだった。というのは1986年の画像は5月15日のものでその時の上海はまだ気温が低く、大半の野菜畑がグリーンハウスだったからである。

・水域。長江や黄浦江等の大きな河川が代表的。輝度が最も低い。フォールスカラー画像では旧市街地とよく似たスペクトル特性を示している。

5.2 教師付き分類

分類に先だって4バンドのMSSデータと7バンドTMデータをそれぞれ主成分分析を施し、98%の寄与率で最初の3つの主成分をとった。3バンドの内に分散の大きい二つのバンドとして1979年、1986年には第1、第2主成分、1993年には第1、第3主成分を用いて教師データの設定を行った。図1が1986年画像の各クラスとその誤差楕円を示したものである。ご覧のように上海の画像データは新市街地、植生と旧市街地（水域、浅瀬）からなる三角形分布を成し

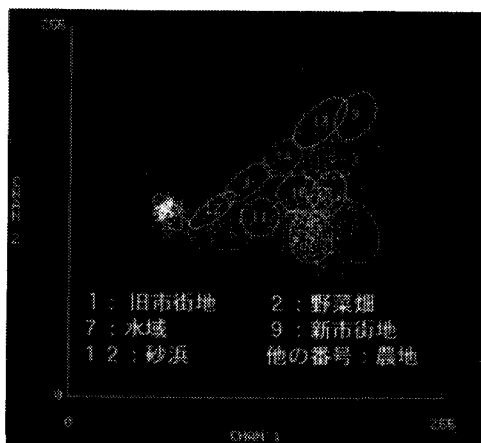


図1 1986年TM画像第1、第2主成分散布図

ており、特に旧市街地が浅瀬に近いところに位置し、誤分類の可能性が非常に大きい。

浅瀬が旧市街地に誤分類されないために、本研究では地図データから水際線をおこし、それをマスクとして教師付き分類の結果に重ね合わせた。写真4、5、6はそれぞれ上海中心地区の1979年、1986年、1993年の被覆分類結果を示している。

5.3 土地被覆変化からみた上海市の市街地の拡大

写真4、5、6に黄色い色で表されているのは新市街地である。1979年のMSSには空港と北の長江南岸に建設中の宝山製鉄所しかみられない。1986年になると、浦西地区の縁辺部にあちこち開発がみられる。浦東地区にも一部あるものの、明らかに79年から86年までの開発は主に黄浦江西側の市街地の周辺、北の宝山製鉄所で行われたことがわかる。

そして1993年の分類結果では1986年の画像に新市街地だった大分は中古市街地になった（写真2、3及び写真5、6を比べる）一方、新開発地がさらに周辺へ広がっていく。特に浦東地区は、南浦大橋と楊浦大橋の開通とともに南北の幹線道路が開通され、長江南岸の外高橋保税區とそこから南にある金橋輸出加工区の開発はかなりの規模に達していることがうかがえる。つまり、1986年時点でまだ少なかった浦東地区の変化は1990年のプロジェクトスタート以来3年間、都市インフラ整備も工業団地の開発も徐々に展開されつつあることが証明された。

表2は分類結果から集計した上海市の14の区部市街地面積の総和（厳密には建物や交通用地等の人工建築物用地）である。ご覧のように1979年当時の205km²から1986年の361km²、1993年の517km²へと拡大され、毎年22km²という驚くほどの速さで急速に膨らんでいることがわかった。

実際の土地利用データなしには分類結果の精度を定量的に議論することはできないが、ただ、表2で計算された市街地面積拡大ぶりと表1が示している建物延べ床面積の

表2 RSデータからみた上海市の市街地の拡大

拡大率とを比べると、1979年から1993年までの市街地の拡大は2.5倍で、ほぼ同時期の1978年末から1992年末の建物の延べ床面積の伸びが2.1倍であって本研究でリモートセンシングデータより求められた市街地の面積の伸びと近い。要するにリモートセンシングデータから求められた市街地地域の面積が信頼しうる数字だと言えよう。

年度	1979	1986	1993
市街地総面積(km ²)	205.38	361.04	517.20
対1979年伸び(km ²)		155.67	311.83
対1986年伸び(km ²)			156.16

6. 結論

上海市の都市域は最近14年の間に2.5倍も広がっていることがリモートセンシングデータによって明らかになった。しかも、その分布は最初の7年間に浦西を中心に進められたが、最近に浦東地域での急展開を見せていることも明らかになった。このような定量的、空間的分析は空間情報の整備が遅れてまたは入手の困難な地域でもGPSとリモートセンシングデータ、さらにGISを組み合わせるにより可能になることが実証された。今後、引き続き、これらの分類結果をベースに急速に拡大される上海市の都市環境の変化を検討し、作業中のマスタープランの修正見直しへ活用していきたい。

謝辞

本研究は住友財団1993研究助成を受けたものであって、ここに感謝の意を表す次第である。なお、研究を進めるに当たってデータの解析に大変なご協力をくれた慶応義塾大学大学院政策メディア研究科院生の石丸伸裕君にも感謝する次第である。

参考文献

- (1) 上海統計年鑑、1993
- (2) 何興鋼、1992、浦東開発と上海城市地域結構優化、「地理学報」、No.2、pp.97-106
- (3) Vidal Ashkenazi and Alan Dodson, 1992, Positioning with GPS, Mapping Awareness & GIS in Europe Vol.6(7), No.9

写真4、5、6の凡例 赤：旧市街地、ピンク：中古市街地、黄色：新市街地、青：水域、その他の緑系：農地→

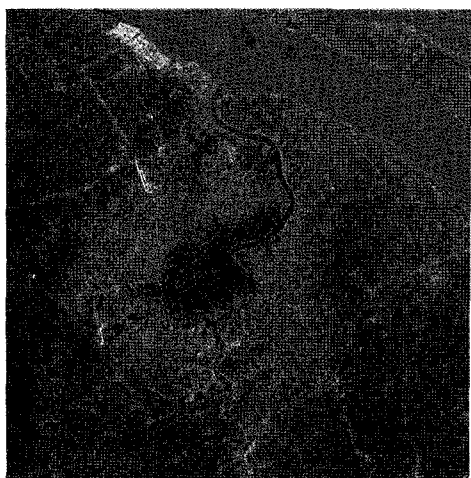


写真1 1979MSSフォールスカラー画像



写真2 1986TMフォールスカラー画像

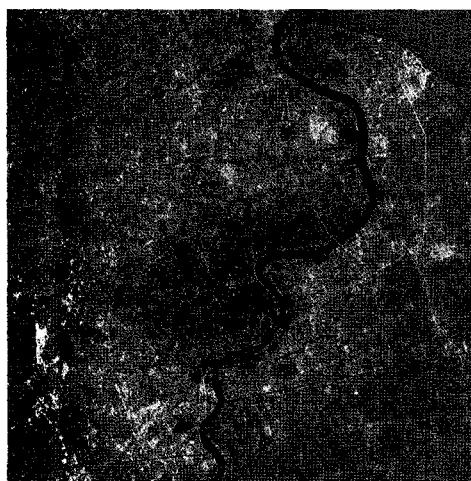


写真3 1993TMフォールスカラー画像

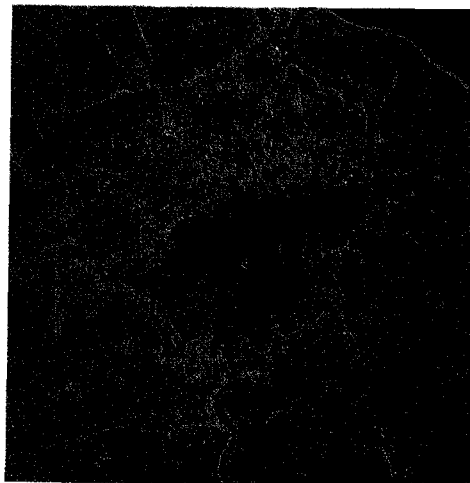


写真4 1979MSSデータの分類結果

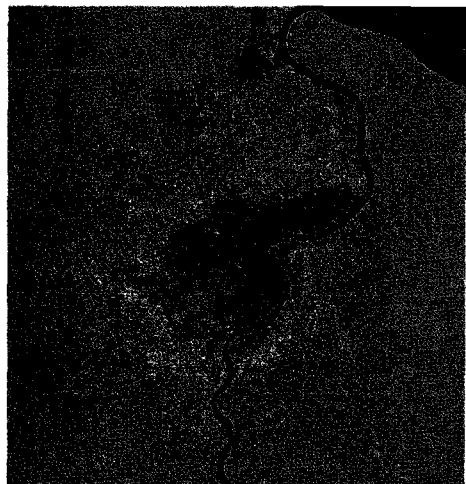


写真5 1986TMデータの分類結果

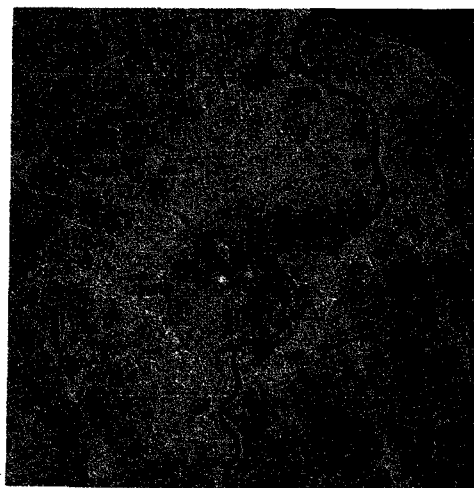


写真6 1993TMデータの分類結果