

GISを活用した東京の街路構造変遷に関する研究

西村 卓也¹・大口 敬²・高松 誠治³

¹学生会員 首都大学東京 都市環境科学研究科都市基盤環境学域 博士前期課程

(〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

E-mail:nishimura-takuya@ed.tmu.ac.jp

²正会員 東京大学 生産技術研究所 先進モビリティ研究センター

(〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1)

E-mail: takog@iis.u-tokyo.ac.jp

³正会員 スペースシンタックス・ジャパン株式会社

(〒151-0051 東京都渋谷区千駄ヶ谷3-52-5 原宿N.S.Hアネックス206)

E-mail: s.takamatsu@spacesyntax-japan.com

東京の街路構造はそこで起きてきた歴史的イベントの影響を受けて形を変えてきたと考えられる。歴史的イベントとして明治維新、関東大震災、戦災と高度経済成長に注目し、街路構造の特性を位相幾何学的な観点から定量化できるSpace Syntax理論のAxial分析を用いて、東京の街路構造の変遷について考察する。

本研究では、これまで比較が難しかった複数の地図に対するAxial分析結果について、メッシュ化を導入することにより、定地比較を可能とする手法を提案する。これにより、東京の各地区の特性を決定づけた歴史イベントとその都市空間形成上の意味について、定量的な指標を用いて考察するものである。

Key Words : Space Syntax, GIS, 街路構造, 都市変遷, メッシュ化

1. 目的

現在の東京は江戸時代につくられた街路構造が基盤となっているが、歴史的イベントの影響を受けて街路構造は形を変えてきたと考えられる。木内ら¹⁾はSpace Syntax理論のAxial分析を用いて、江戸期・明治期・現代の東京の街路構造の変遷について検証した。本研究では東京の街路構造の変遷に影響を与えた大きな歴史的イベントとして明治維新・関東大震災・戦災と高度経済成長に着目する。それぞれの歴史的イベントの前後における変化を確認するために1840・1900・1930・2000年代の四時点を設け、各時点の街路構造を評価して比較する。

本研究では各時代での東京の街路構造を定量的に表す指標として、Space Syntax理論のAxial分析を用いる。この分析手法では各街路を図-1のように、Axial Lineという見通し線で表現し、個々の街路について「それ以外の街路との近接性の強さ」を示すIntegration Value(以下、近接性)を算定する²⁾。本研究では、時点間で変化する街路構成

に対応するために、Axial分析の結果をメッシュ単位で集計する新たな手法を提案し、地理的に同一の場所における街路構造特性の時代変遷を評価することを目的とする。

2. 研究手法

(1) Axial分析

街路の接続関係の分析にはSpace Syntax理論²⁾を用いる。これは、位相幾何学的な空間の接続関係に着目した分析手法であるため、多少不正確な地図であっても分析対象とすることができる。つまり、精

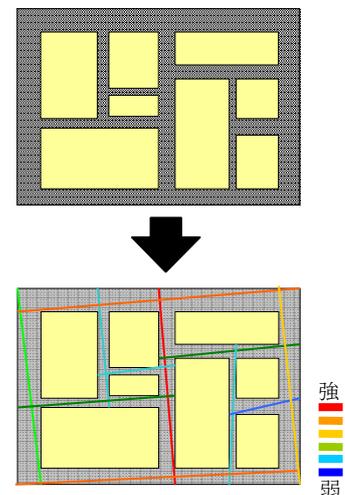


図-1 街路の近接性の定量化

表-1 分析に用いる地図

年代	名称	縮尺	作成元
1840	天保御江戸絵図	約1/21600	高井蘭山 図・岡田屋嘉七 刊
1900	明治四十年東京全図	1/24500	嵯峨野彦太郎
1930	国土地理院地形図	1/25000	陸地測量部(現、国土地理院)
2000	国土地理院地形図	1/25000	国土地理院

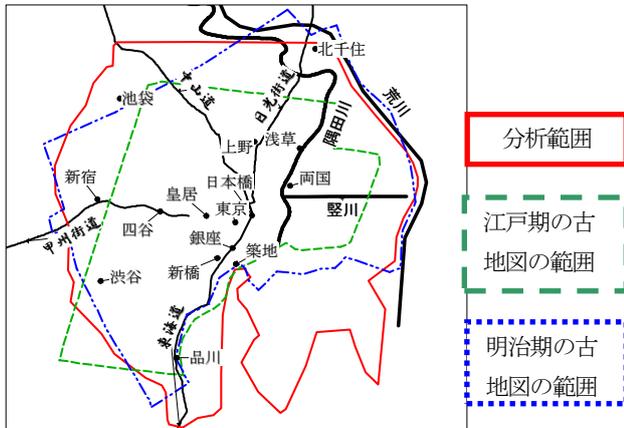


図-2 古地図の範囲と分析対象範囲

度の異なる時点間の地図の比較分析にも適用できるというメリットがある。ここではSpace Syntax理論のうち、人による空間認知の単位を「見通し線」で表現し、その集合として街路構造を捉えるAxial分析を利用する。また、Axial分析の代表的な指標である、Integration Value (近接性) を評価指標として用いる³⁾。この指標値は、奥まった街路では値が低く、多くの周辺街路と接続する中心的な街路では値が高くなる²⁾。

この近接性指標には、Global値 (以下、広域近接性) とLocal値 (以下、近隣近接性) の2種類がある。広域近接性は分析範囲内の全ての街路の見通し線に対する近接性を表す。近隣近接性はその周辺の街路(3回以内の接続で移動できる範囲の見通し線)との局所的な接続性を意味する³⁾。本研究では特に近隣近接性に注目する。

(2) 地図の選定、分析範囲

4時点において東京都心部の街路構造の変遷を把握できるように分析範囲を環状6号線(山手通り)の内側かつ荒川より西の地域に設定する。各時代の地図のAxial分析にあたって、各地図に描かれる街路の範囲をある程度揃える必要がある。表-1に本研究で用いる地図を一覧で示す。天保御江戸絵図は当時の地図の中でも最も内容の信頼性が高く詳細であるとされる⁴⁾。明治四十年東京全図は、1930年、2000年の国土地理院地形図と縮尺が近いために採用した。

なお、江戸期の江戸や明治期の東京は範囲が限られるため、図-2に示すようにこれらの地図範囲は今回の分析対象範囲よりも狭いが、都市範囲がスプロールしていることも一つの歴史的変遷の事実として重要であることか

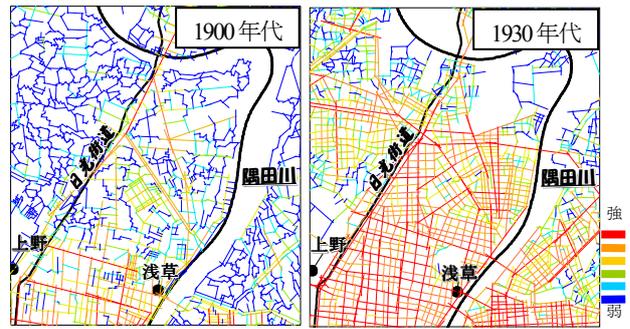


図-3 街路の近接性の比較 (1900年代と1930年代)



図-4 江戸期の地図の誤差 (品川付近)

ら、4時点の地図の全てがカバーできる範囲に絞らずに、少し広い範囲を分析対象とする。

(3) 定地指標への変換

Axial分析の近接性指標は各見通し線に対して計算される。しかし各見通し線は「長さ」や「位置」が様々であるばかりか、時代によって道路が造り変えられれば別の見通し線になってしまう。そのため時点間の変化を視覚的には評価できるが、同じ空間領域に対して時点間変化を定量的に評価するのは難しい(図-3)。そこで本研究では、この近接性指標をメッシュ単位で集計することにより、定地近接性指標に変換することを提案する。

まず、前項(2)で述べる江戸期の地図にもとづき、日本橋の位置が一致するように時点間の地図の位置を合わせる。しかし、江戸期の地図の精度は完全ではなく、また本研究では本格的な幾何補正を行わないため、日本橋から離れると誤差が生じる。図-4は品川付近の東海道の位置を比較したもので、200m程の誤差が見られるため、この江戸期の地図の誤差を許容できるように、メッシュ

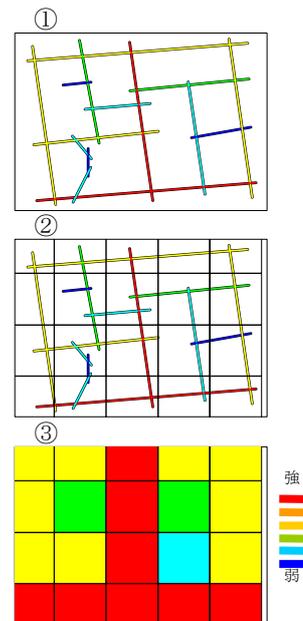


図-5 面的属性への変換

の大きさを250m四方とした。

図-5に定地近接性指標へ変換する方法を示す。ここで、あるメッシュ内に一部でも含まれる全見通し線のうち、最大の近接性値をメッシュの定地近接性指標とする。

3. Axial分析による近隣近接性

Axial分析を用いて各年代の街路の見通し線ごとの近隣近接性を求めた結果を図6~9に示す。

(1) 1840年代の特徴 (図-6)

神田、日本橋、銀座にかけて近隣近接性が非常に高い

街路が1本通っている。これは日本橋通りであり、この街路に接続する街路も高い指標値を示している。この地域を中心にして放射状に広がる五街道において近隣近接性が相対的に高い傾向がある。隅田川を隔てた両国でも相対的に近隣近接性が高い街路が面的に広がっているが、そのほかの地域の街路の近隣近接性は低い。

(2) 1900年代の特徴 (図-7)

丸の内や築地の近隣近接性が高くなることで、都心部での近隣近接性の高い範囲が1840年代に比べ広がっている。五街道沿いでも同様に近隣近接性の高い範囲の広がる傾向が見られる。両国地域では1840年代に比較して近

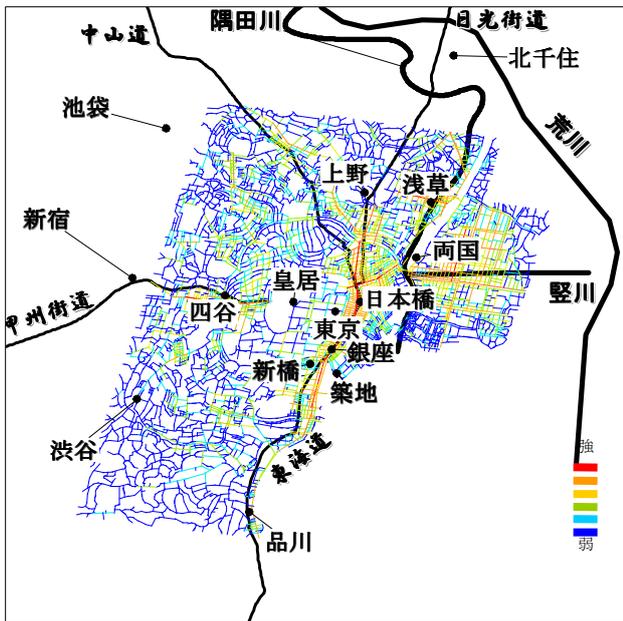


図-6 1840年代の近隣近接性

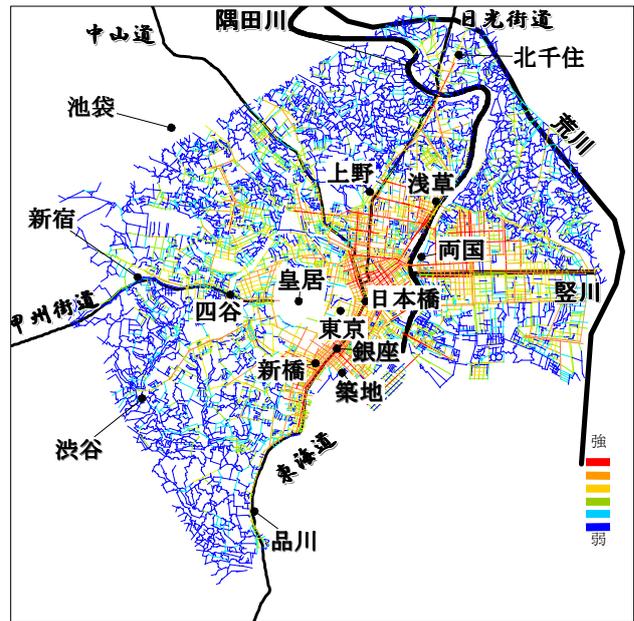


図-7 1900年代の近隣近接性

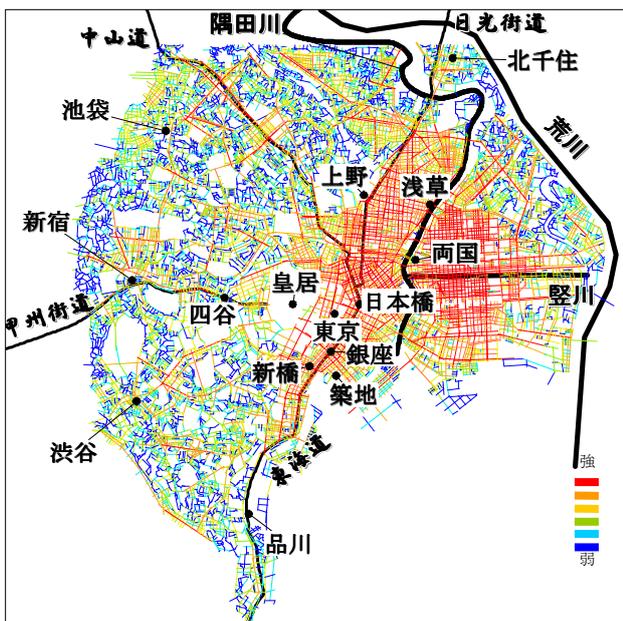


図-8 1930年代の近隣近接性

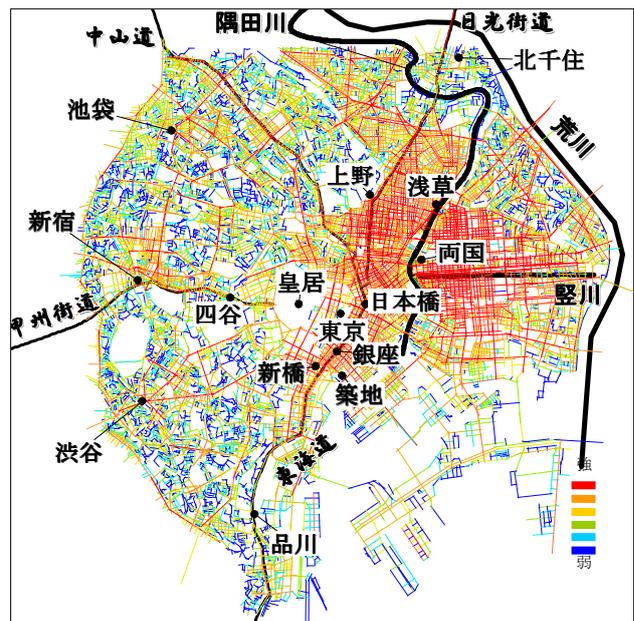


図-9 2000年代の近隣近接性

隣近接性が非常に高い街路が多く見られる。一方でそのほかの地域の街路の隣近接性は1840年代とあまり変わっておらず、依然として隣近接性が低い。

(3) 1930年代の特徴 (図-8)

銀座、日本橋、浅草、両国では、隣近接性が非常に高い街路が面的に広がっている。1900年代まで隣近接性が低い街路が広がっていた地域でも全体的に隣近接性が上昇しており、非常に高い値となる街路も存在する。

(4) 2000年代の特徴 (図-9)

銀座・日本橋・両国を中心にして隣近接性が非常に高い街路が五街道以外にも放射状に広がって見られる。

放射状に広がる街路に直交して隣近接性の高い街路が存在し、環状につながり始めている。これらは1930年代では途切れ途切れに見えていたが、それぞれがつながることで放射状と環状の街路が組み合わさってネットワーク構造が形成されている。

4. 定地近接性指標

図-6~9の各年代の隣近接性を、2.(2)に示す提案手法により定地近接性へ変換したものを図-10~13に示す。1840年代には日本橋を中心に、五街道に沿った狭い範囲にのみ近接性の高い地区が見られる。それに対し、1900年代では上野、浅草から新橋にかけて近接性の高い

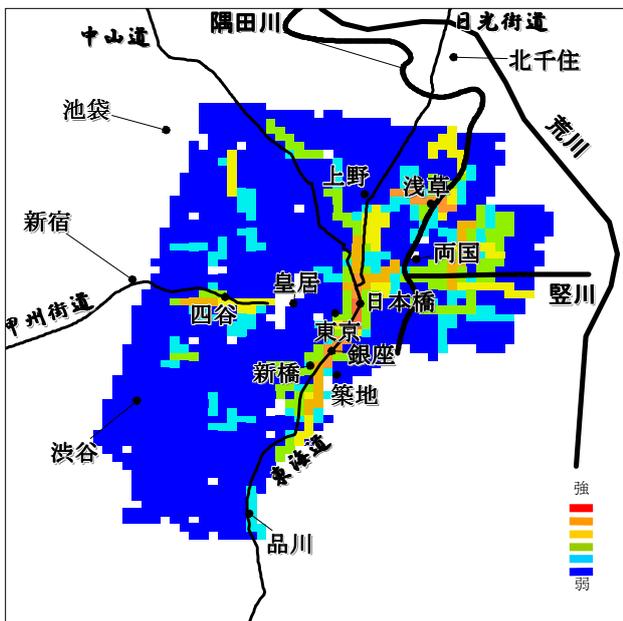


図-10 1840年代の定地近接性指標

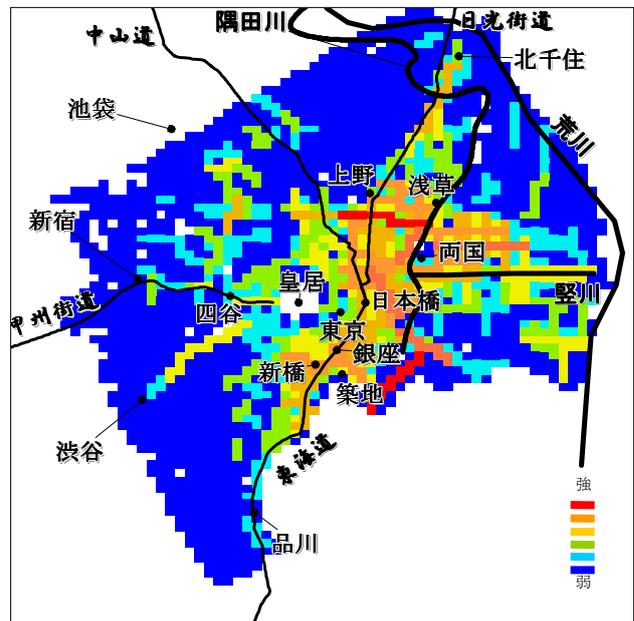


図-11 1900年代の定地近接性指標

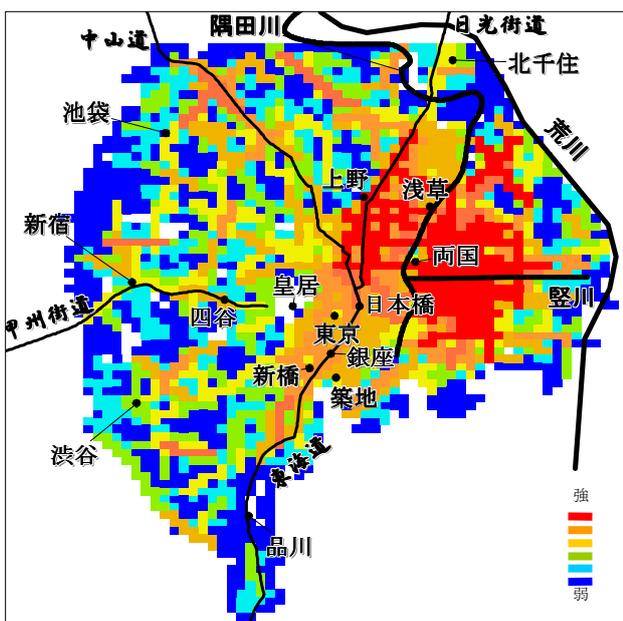


図-12 1930年代の定地近接性指標

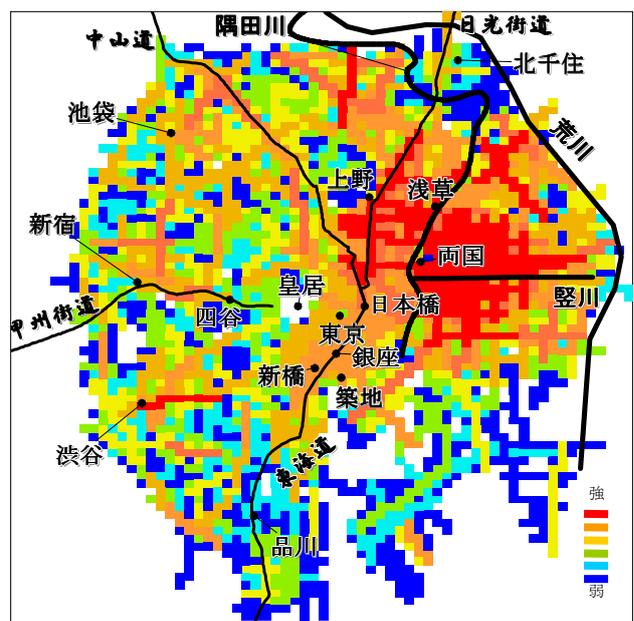


図-13 2000年代の定地近接性指標

領域が少し広がっているととも、四谷の北部や渋谷へ向かう新たな主要な街路が五街道以外に形成されている。

一方で1930年代には対象範囲内全般にクモの巣状に近接性の高い範囲が広く分布するとともに、特に両国を中心とした隅田川より東側の領域に極めて近接性の高い街路が稠密に面的に広がりを見せるようになっており、1900年代からの変化は著しいように見える。これに比べると、2000年代の傾向は1930年代とあまり大きくは変わっていない。

図-14～16にそれぞれの時点間の定地近接性変化指数（定地近接性のメッシュごとの値の時点間差分値）を示す。これらの図からも、1840年代から1900年代には日本橋の周辺部で近接性の大きな増加が見られる。それに対し、1900年代から1930年代に近接性の大きな増加が特徴的に見られるのは、隅田川東部、および西側の周縁部である。一方1930年代から2000年代にかけては、都心部で近接性が減少傾向の領域が見られ、同心円状に増加傾向の領域が周縁部へ向けて見られる傾向がある。

(1) 都心部の整備（1840年代から1900年代）

当初明治政府は、武家地を利用して公共施設の整備を行った。江戸期の武家地は区画が大きく街路が少なかったが、明治時代後半には、区画が細かく分割されて街路が増えた地域がある。日比谷、丸の内、築地、人形町などがこうした地域であり、図-10と図-11の差分を示す図-14で変化指数が大きく増加している。

江戸期に町家として栄えていた神田、日本橋、銀座地域を貫く日本橋通り付近では変化指数が減少している。一方で、この範囲を変化指数が大きく増加している日比谷、丸の内、築地、人形町が囲んでいる。図-17に日本橋通りとこれに接続する周辺の街路の様子を1840年代と1900年代について示す。

図には日本橋通りに直接接続する街路(接続回数1回目)、直接接続する街路に次に接続する街路(同2回目)、およびその次に接続する街路(同3回目)までを示している（以下、ある通りの周辺の街路で、接続回数3回目までの範囲を「近隣街路」と称する）。表-2に、日本橋通りに対する1回目から3回目までの接続回数の街路の本数をまとめて示す。

2つの年代で比較すると、日本橋通りの近隣街路の範囲が1840年代に比べて1900年代には格段に広がっている。特に日本橋通りからの接続回数3回目の街路の本数が飛躍的に増えているが、これは日比谷や築地付近の街路に相当し、この付近の街路整備が進んだことを示す。一方で日本橋通りから見ると、3回目の街路が多く整備されたため、相対的に日本橋通りから見た近隣近接性の指標値が減少している。

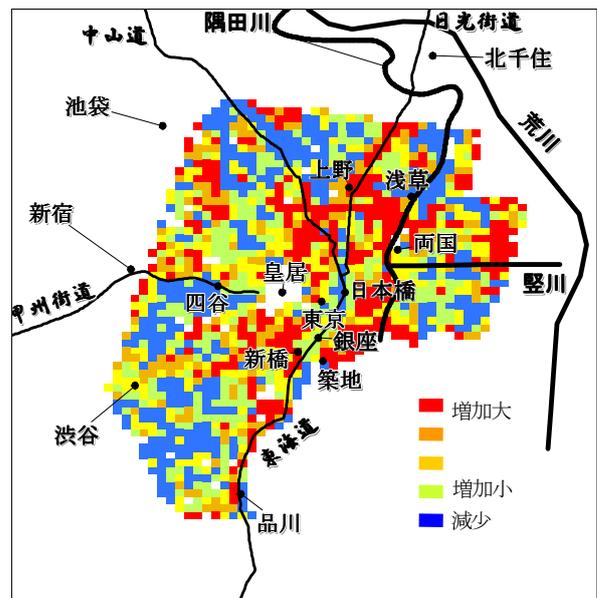


図-14 1840-1900年代の定地近接性変化指数

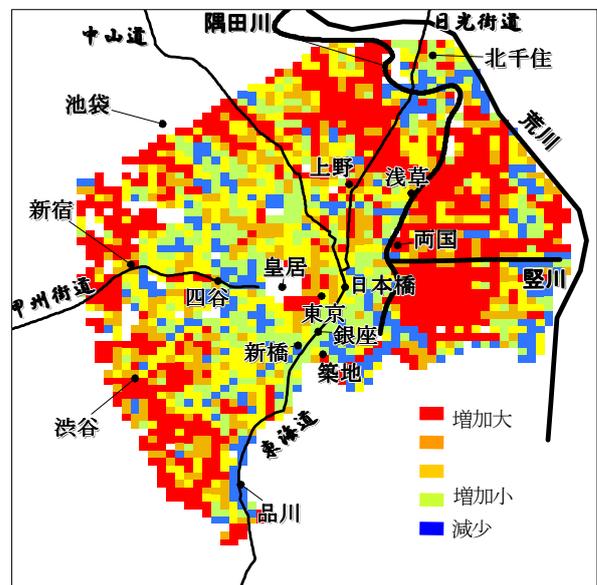


図-15 1900-1930年代の定地近接性変化指数

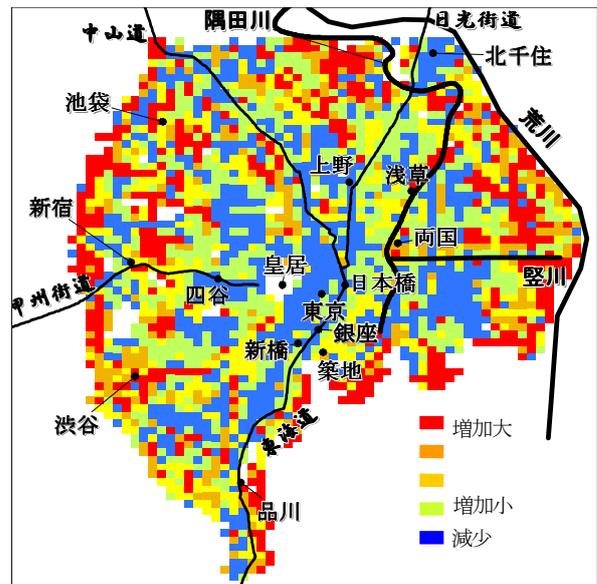


図-16 1930-2000年代の定地近接性変化指数

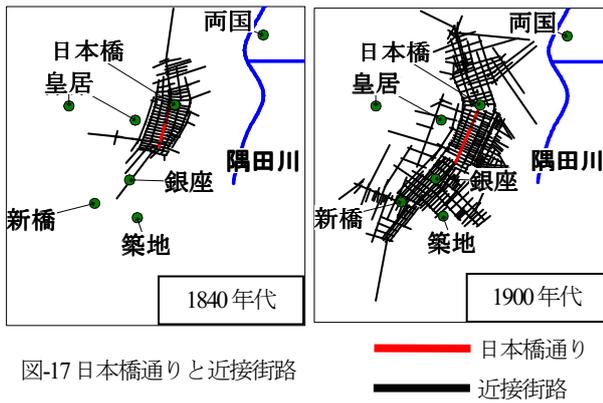


図-17 日本橋通りと近接街路

表-2 日本橋通りから各接続回数で接する街路数

接続回数	1840年代	1900年代
1回目	33	22
2回目	32	55
3回目	44	164

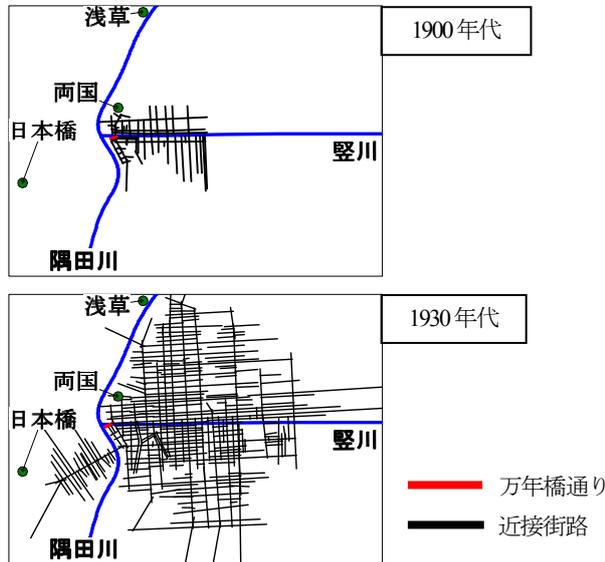


図-18 万年橋通りと近接街路

(2) 隅田川東部における震災復興事業（1900年代から1930年代）

隅田川の東側あたる両国や現在の江東区は1923年に発生した関東大震災で大きな被害を受けた地域である。この地域はこの時点間の定地近隣近接性の増加が著しい。この地域の万年橋通りの一部は、1900年代と1930年代の江東区で見通し線の状態が変わっていない。そこでここから接続回数3回目までの近隣街路の様子を図-18に示す。2つの年代で比較すると、極めて狭い範囲であった1900年代に比べて、1930年代では南北方向と東西方向に長い街路が何本も直交しあう格子状の街路構造へと変化している。そのため、接続回数が3回以内で広い範囲の移動ができ、近隣近接性が増加している。震災後の復興事業として行われた区画整理の効果が近隣近接性に表れていることがわかる。



図-19 街路の減少^{5) 6)}（1930年代と2000年代，丸の内）

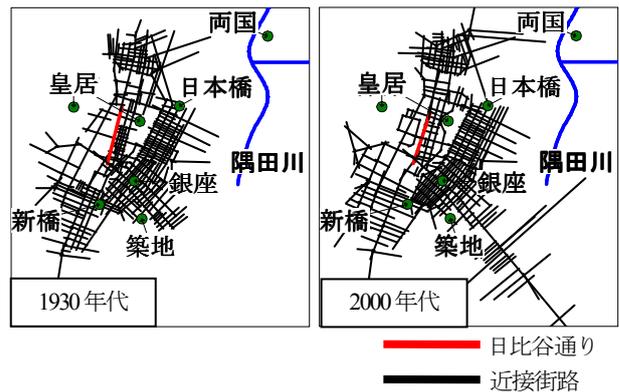


図-20 日比谷通りと近接街路

(3) 丸の内から新橋にかけての再開発と埋立地整備（1930年代から2000年代）

この地域は現在多くの高層のオフィスビルが建ち並んでいる。戦後の高度経済成長期に進んだ高層ビル化によって区画が大型化し、細街路がいくつか失われていることが図-19の地図から読み取れる。

この減少領域は日比谷通りに沿って広がっている。日比谷通りの一部は1930年代と2000年代で見通し線の状態が変わっていない。図-20にここから接続回数3回目までの近隣街路の様子を1930年代と2000年代について示す。2つの年代で比較すると、日比谷通りから接続回数が3回以内の近隣街路の範囲は1930年代に比べて2000年代は空間的に広がっているが、この近隣街路は第二次大戦後に整備された東京湾の埋立地の街路である。再開発によって接続回数1回目の街路の数は減少し、埋立地の整備によって接続回数3回目の街路が増加したことで相対的

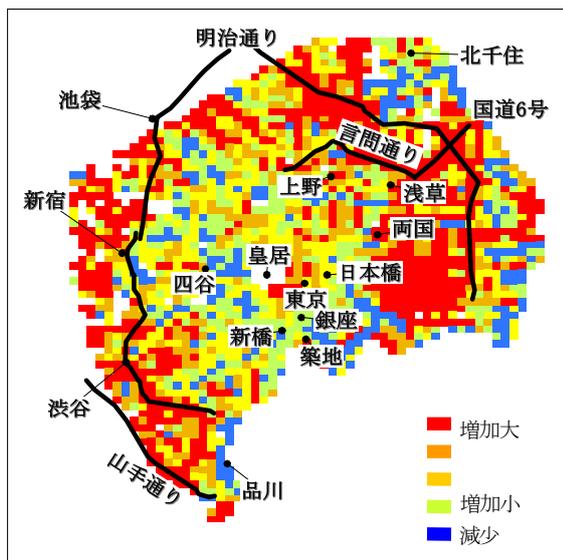


図-21 周縁地域の路整備状況
(1900～1930年代の定地近接性変化指数)

に日比谷通りから見た近隣近接性が減少している。

(4) 道路のネットワーク化

江戸期から1900年代までは五街道を中心とした街路構造であった。江戸期から1900年代までは五街道を中心とした街路構造であった。しかし1900年代以降、図21に示すように国道6号線、明治通り、言問通り、山手通りといった周縁部の街路が整備され始める。これらの街路は1900年代には近隣近接性が低かった周縁地域において整備されており、これらの街路の沿線では変化指数の増加量が大きい。特に国道6号線、明治通り、山手通りは、整備以前には田畑地域であることが多く、その中を曲がりくねった道が通っていたことが地図から確認できる。ここに直線的な街路として整備される傾向があることから、近隣近接性が著しく増大している。

品川から渋谷にかけての山手通りは1930年代に開通するが、渋谷から板橋にかけては1930～2000年代に整備されている。整備された区間が通るメッシュでは定地近隣近接性の変化指数が大きく増加しており、整備の効果が表れているように見える。そこで、山手通りの延伸による直接的な効果を調べるため、仮に山手通りの整備が無かったとした仮想状態と整備が行われている現実状態とを比較する。図22に1900～1930年代の変化指数、図23に1930～2000年代の変化指数について、山手通りの整備有無の違いを示す。いずれの時点間でも、山手通り沿線は仮想状態と現実状態で変化指数が大きく異なっており、山手通りが延伸したことが直接的に近隣近接性を増加させる効果があることが確認できる。

以上から、1900年代以降東京の周縁部が開発されたことによって、近隣近接性が高い街路が稠密に面的に広がる街路ネットワークが形成されていることが分かる。

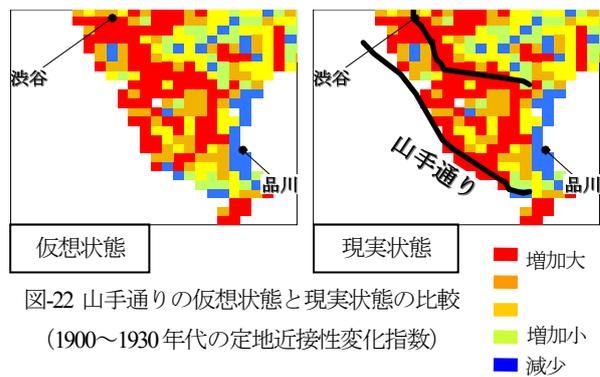


図-22 山手通りの仮想状態と現実状態の比較
(1900～1930年代の定地近接性変化指数)

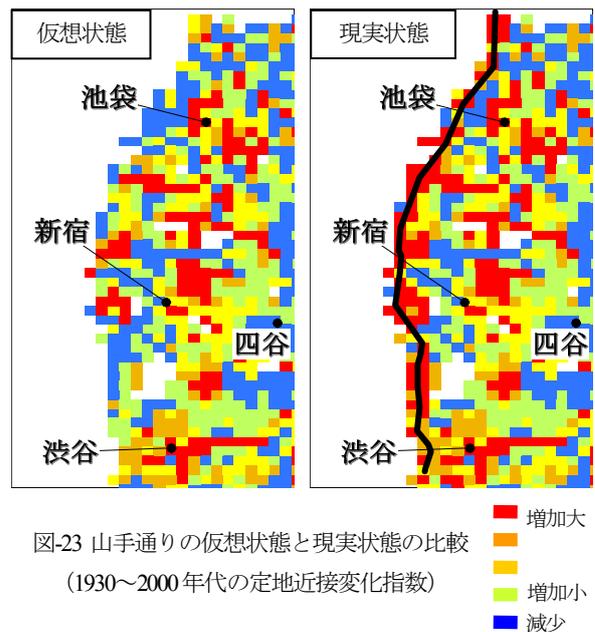


図-23 山手通りの仮想状態と現実状態の比較
(1930～2000年代の定地近接性変化指数)

5. 結論

本研究では、江戸・東京地域を対象に、1840・1900・1930・2000年代の4時点に注目し、Space Syntax理論のAxial分析における近接性指標に対して、メッシュ化による定地近接性指標を定義し算定する手法を提案し、これを用いて時点間の街路構造の変化を定量評価した。これにより、東京の街路構造の時代変遷を確認した。

メッシュ化された定地近接性指標の時点間変化指数を求めることで、定地近接性が大きく変化する地域の特徴を街路構造や見通し線の近隣近接性指標を用いて示し、街路整備の効果が近隣近接性に与える影響を確認した。

本研究により各時点の街路構造の特徴を以下のように示すことができる。すなわち、まず1840年代の江戸期は日本橋と五街道を中心とした放射状の街路構造であった。1900年代の明治期には、日比谷などの日本橋周辺地域が整備され、都心部が形成された。1930年代の関東大震災後期には東京周縁部の都市開発が進んだ。都心部を中心とした環状道路の整備が始まりネットワーク化が進んだ。

さらに震災復興事業としてある地域に面的整備も行わ

れた。こうした都市開発事業の結果、都心部から離れた地域への近接性が高まり、分散型の街路構造が形成された。2000年代の現代の街路構造は、実は1930年代とそれほど本質的には変わっていない。都心部では、大規模再開発により街区範囲が広域化することで、街路の近接性が相対的に低下することが確認された。

参考文献

- 1) 木内優美：東京の街路ネットワークの変遷に関する研究，土木史研究，講演集 30, 179-185, 2010
- 2) Hillier.B, Hanson.J : The social Logic of Space , Cambridge University Press, 1984
- 3) Hillier.B : Space is Machine , Cambridge University Press, 1996
- 4) 布施孝志, 安井仁, 清水英範：江戸市中の遠地形の視認可能性 GISによる可視マップ作成を中心として, 土木学会論文集 D, Vol62, No.3, p496-504, 2006
- 5) 地形編 昭和十六年 大東京三十五区内詳細図, 人文社
- 6) Google マップ, <http://maps.google.co.jp/>