

エージェントベースモデルによる東京市電の分析

—1931年運転系統改正前後の比較—

石川和樹

Analysis of Tokyo City Tram by Using Agent-Based Model

-Comparison Between Before and After Revision of Operation Route in 1931-

Kazuki ISHIKAWA

Abstract: Tokyo city tram was important means of transportation for people lived in Tokyo in modern era. Operation route of tram in 1930 was inefficient to deal with increasing population in Tokyo. For that reason, tram jam had occurred on a daily basis. To cope with the problem, operation route was revised in 1931. In this study, operation efficiency of Tokyo city tram was analyzed between before and after revision operation route by using agent-based model. As a result, tram jam in Ginza area was worse than before the revision. On the other hand, tram congestion was relieved in Ueno and Asakusa area.

Keywords: エージェントベースモデル (Agent-based model), 東京市電 (Tokyo city tram), 渋滞 (Tram jam)

1. はじめに

東京市電は、かつて東京市民の足として活躍した交通手段であるが、東京中心部への人口集中とともに利用者が増え、日常的に大混雑していた。増えた利用者数に対応するために多くの車両を走らせた結果、線路容量を超える車両数が走行することになり、慢性的な渋滞が発生したとされている（東京都交通局 1972）。これを解決するために、自然発生的・慣行的に設定されていたと言われるそれまでの運転系統を改正し、より効率的に運行するための運転系統が 1931 年 4 月より実施された。運転系統改正の前後の状況についてシミュレーションを行うことができれば、改正の効

果を定量的に把握できるほか、具体的な渋滞箇所についても推測でき、東京市電に関する新たな知見を得ることが可能であると考えられる。

人や交通の流れをシミュレーションする方法の一つに、エージェントベースモデル (ABM) がある。ABM では人や車両といった行動の主体 (エージェント) を一定のルールのもとに行動させ、その相互作用によって生じる状況を分析することが可能である。ABM は、交通シミュレーションのほか、災害時避難行動や都市成長・衰退等のシミュレーションにも用いられている (村木・狩野 2007, 池谷ほか 2007)。

ABM を用いて東京市電のシミュレーションを行うことで、渋滞など当時の運転状況の推定できると考えられることから、本研究では、ABM を用いて東京市電をシミュレーションし、運転系統改正前後の運転効率について明らかにすることを目的とする。

石川和樹

首都大学東京大学院 都市環境科学研究科

日本学術振興会特別研究員 DC

E-mail: ishikawa-kazuki@ed.tmu.ac.jp



図1 対象地域

2. 手法

2.1 対象地域

対象地域は図1の通りである。東京市電は一部郊外区間を除き均一料金であったため、本研究では均一料金区間のみを対象とする。均一料金区間外を含めた停留場数は1930年時点で407あり、営業路線延長は173.3kmである（東京都交通局1972）。また、系統数は1930年で42、1931年で37（3支線を含む）である。

2.2 車両数の推定

シミュレーションをおこなうにあたり、各系統を走行する車両の台数に関するデータが必要である。しかし詳細なデータは入手が困難であるため、当時12ヶ所存在した車庫の保有台数を基に推定した。東京市電の系統は営業所ごとに担当の系統が決めており、各営業所が車庫を保有していた。そのため、各営業所管内はその営業所が保有する車両のみが走行していた。関東大震災時には東京市電気局が保有する約57%の車両が走行中であったことなどを参考にした結果、1930年、

1931年、共に使用車両数は640台となった。これを各営業所管内の保有台数の割合で按分した。各系統の走行台数までは不明のため、各営業所管内で各系統の路線延長による按分により走行台数を推定した。

2.3 車両の動作

エージェントである車両は互いに影響を受けながら自律的に行動する。具体的には、始発停留場を出発後、途中の停留場で停車しながらその系統の終点まで向かう。車両の加速度は 0.83km/h/s 、最高時速は 30km/h となるように設定し、駅が近づくと駅の手前50mから徐々に減速し最終的に停車する。停車時間は全駅18秒（1ステップ=6秒）で統一した。また、駅と同様、前方の車両との距離が50m以内になると減速を開始する。駅に停車中の車両がある場合には停車できないものとする。また、信号による停車はないものとし、交差点に入った車両から先に通行するものとする。

2.4 シミュレーションの設定

東京市電の時刻表は入手できないため、各車両の遅延時間を把握することはできない。そこで本研究では、遅延について、その系統で出発から到着までが最も短かった車両（多くはシミュレーション開始直後に出発する車両）の時間を基準にし、その車両の所要時間と比較してどの程度遅れているかで遅延時間を求めた。

シミュレーションは、値が十分収束する5,000ステップまで行った。シミュレーションには、日本構造計画研究所のartisoc 4.2を使用した。

3. 結果

図2は車両の密度分布を示したものである。密度は、100メッシュ 3×3 あたりの車両数をとり、シミュレーションの各ステップで車両の分布も変わるため、4,000~5,000ステップの平均値を用

いた。(a)と(b)はそれぞれの年の車両の密度、(c)はその差分である。両年とも下町の市街地で車両が多く分布していることがわかる。(c)は、値が大きい箇所は改正によって混雑が悪化した地点、値が小さい箇所は混雑が解消した地点である。これを見ると、銀座周辺で渋滞が悪化している一方、万世橋や上野周辺では渋滞が解消していることがわかる。また、全体的には山の手側で改正前後の密度の差が小さく、下町側で差が大きい傾向にあることがわかる。

次に、運転系統前後で変更がなかった系統（またはわずかな変更にとどまった系統）について、1930年と1931年の平均表定速度について比較した。平均表定速度は路線延長を停留場の停車時間を含めた時間で除したものである。対象とした系統は図3の通りで、平均表定速度の結果は図4に示す。系統番号の変更があるため、便宜的に①～⑧の番号を付けている。①と②はどちらも市街地を南北に走る系統であるが、平均表定速度は改正によってどちらも低下している。④は新宿を起点に東西に走る系統であるが、こちらも平均表定速度が低下している。そのほかは平均表定速度には大きな差はみられなかったが、⑦や⑧といった混雑区間を通過しない系統については平均表定速度が高くなる結果がみられた。

4. 考察

図2(c)にみられたように、運転系統改正に伴って車両の密度に地域的な差異がみられた。改正によって銀座周辺の密度が高くなっているが、これは銀座の北にある京橋を終点とする新たな系統が設けられたためである。この系統が新設されたことによって、特に銀座から南側の東海道沿いの停留場では通行する車両数が増加しており、これが銀座の交差点で渋滞を引き起こしたものと考えられる。一方、京橋以北の幹線道路沿いでは上野を経由し浅草周辺まで密度が低下している。これは、改正によって三田～日本橋～雷門という系統が廃止された影響が大きい。この系統は品川から日本橋付近まで他の系統との重複区間が長く、特に上野周辺では渋滞を引き起こす要因となっていた可能性がある。

改正前後の平均表定速度は、改正によってほとんど路線に変化がなかった系統のみに着目した場合であるが、ほとんど差がみられないか、もしくは速度が低下した場合が多かった。走行する車両全体の平均速度は当時の調査からわずかな上昇がみられているため、今回取り上げなかった系統において速度の上昇がみられた系統がある可能性は高いといえる。しかし高松(1977)で指摘されている通り、今回の改正は運転系統の大改正

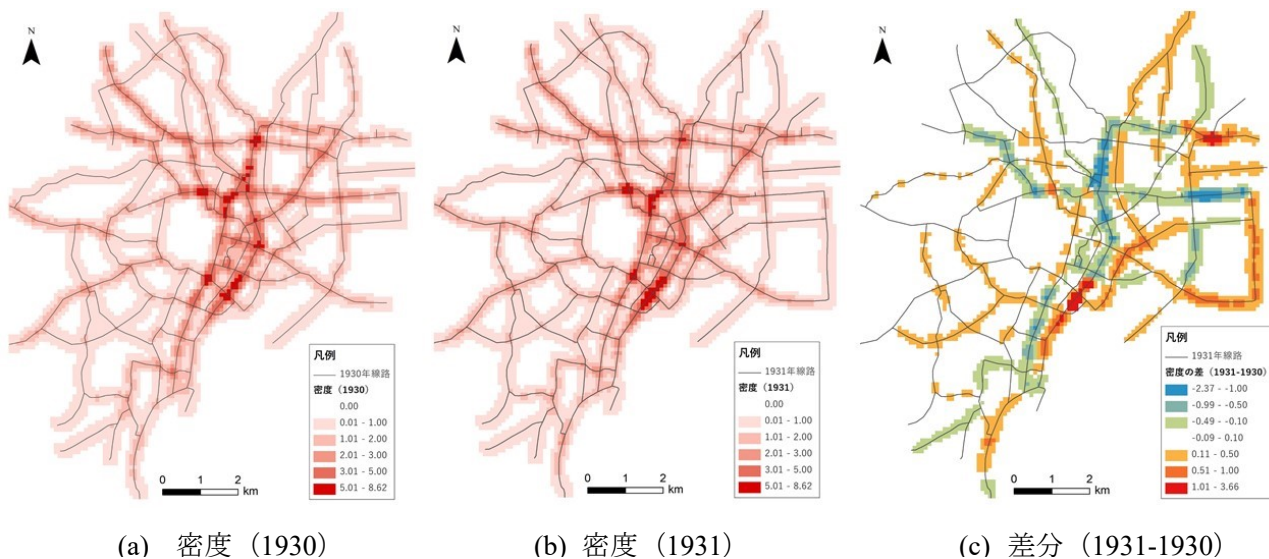


図2 車両の密度分布

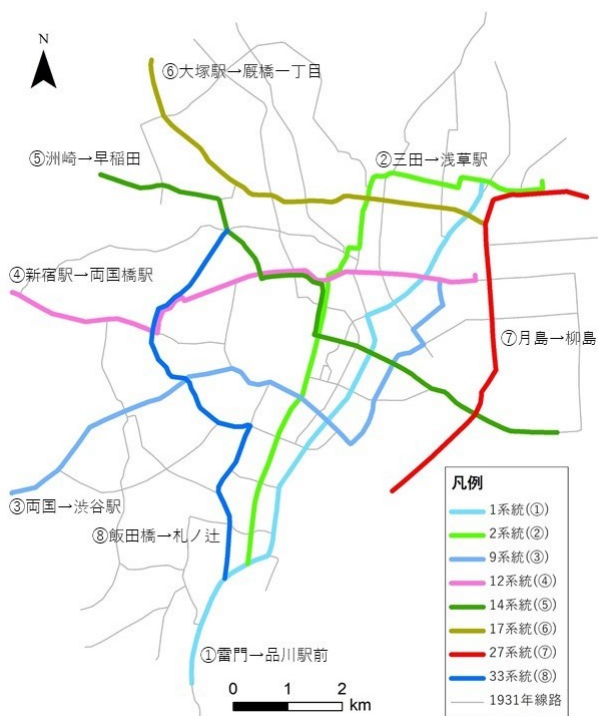
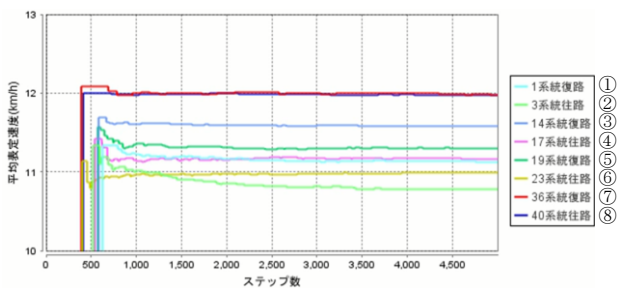
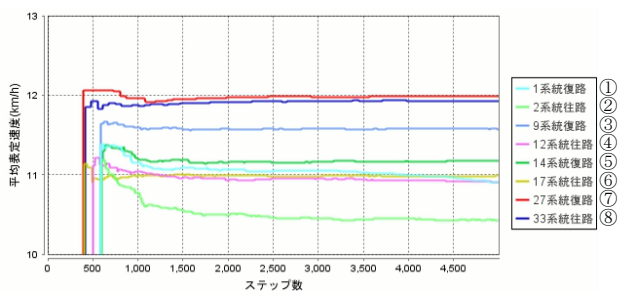


図3 比較対象の系統



(b) 1930



(b) 1931

図4 平均表定速度

とうたわれてはいるものの、線路の付け替えなどの都合上、運転区間の短縮など限定的な改正であったことは確かである。

5. 今後の展望

本研究では車両に着目してシミュレーションを行った。これは、当時の東京市電が慢性的な渋滞に悩まされており、現存する史料からは見えてこない渋滞の分布を推定し可視化するという意味で大きな成果であったといえる。一方、車両ではなく人に着目した場合、当時の人々は市電を利用してさまざまな場所へそれぞれの目的に応じて移動していたのである。今後は人と車両両方を用いたシミュレーションによって、当時の市電を用いる人々の移動の様子を推定することを試みたい。

参考文献

- 池谷直樹, 谷本潤, 萩島 理, 相良博喜, 2007. マルチエージェント・シミュレーションに基づく都心部における人口分布の過渡的動態モデルに関する研究, 日本建築学会技術報告集, 13, 845-848.
- 高松吉太郎, 1977. 「東京の電车道」, プレスアイゼンバーン.
- 東京都交通局, 1972. 「東京都交通局 60 年史」, 東京都交通局.
- 村木雄二, 狩野 均, 2007. 地域性を考慮した広域災害避難シミュレーションのためのエージェントモデル, 人工知能学会論文誌, 22, 416-424.