都市圏 PT データの時点補正手法に関するケーススタディ

末成　浩嗣[1]・越智　健吾[2]・関　信郎[2]・岩舘　慶多[3]・菊池　雅彦[4]
・栄徳　洋平[1]・渋川　剛史[1]

[1]正会員　株式会社福山コンサルタント 東京支社（〒112-0004 東京都文京区後楽 2-3-21）
E-mail: k.suenari@fukuyamaconsul.co.jp

[2]正会員　国土交通省都市局都市計画課都市計画調査室（〒100-8918 東京都千代田区霞が関 2-1-3）
[3]正会員　元国土交通省都市局都市計画課都市計画調査室（国土交通省道路局企画課道路経済調査室）
（〒100-8918 東京都千代田区霞が関 2-1-3）
[4]正会員　復興庁（〒100-0013 東京都千代田区霞が関 3-1-1）

都市圏 PT 調査は概ね 10 年に一度実施されているものの，社会的状況などに起因するその間の交通状況の変化は把握することができない．また，調査の実施にはコストがかかるため，調査実施の頻度を上げて交通行動データを取得していくことも容易ではない．そこで，PT 調査の統計調査としての特性を活かしつつ，人口や一日の移動回数といった交通特性の変化に対応するため，最新の人口データや既存の調査結果を活用して，PT 調査のマスターデータを最新時点に補正する方法について検討する．また，東京都市圏と熊本都市圏をケーススタディの対象とし，過去の PT 調査データに対して最新時点への補正を行い，これを最新の PT 調査データと比較検証することで，適用する都市圏や手法による補正結果の特徴を考察する．

Key Words: *updating method, person trip survey data, expansion coefficient, optimization problem*

1. はじめに

平成 27 年度全国都市交通特性調査（以下「全国 PT 調査」という．）では，外出率及び一日の移動回数が昭和 62 年の調査開始以来最低の値となった．その要因として，高齢者人口の増加や若者の移動回数の減少が挙げられる．人の移動は社会的状況やライフスタイルの変化に伴って，経年的に変化している．しかし，人の移動に関する基礎的なデータを収集する PT 調査の実施は概ね 10 年に一度程度の頻度である．調査から時間が経過すると，人々の交通行動に影響を及ぼす要因となる交通ネットワークの整備や都市開発などが変化するため，調査結果と最新時点の交通実態との乖離が大きくなるケースが生じる．そのため，PT 調査の概ね 10 年より短い間隔，例えば 5 年に一度などの最新のデータに対するニーズがある．しかし，最新時点の都市交通状況を把握するために PT 調査の実施頻度を上げるには多大なコストと労力がかかる．

こうした状況に対して，過去に実施された PT 調査データを統計データや交通関連ビッグデータなどを用いて最新時点に補正する取り組みが進められてきた．具体的には，観測データに近づくように，サンプルの拡大係数に属性毎の補正率を乗じる方法である．補正対象とする PT 調査データは，調査時のアンケート回答内容を含む

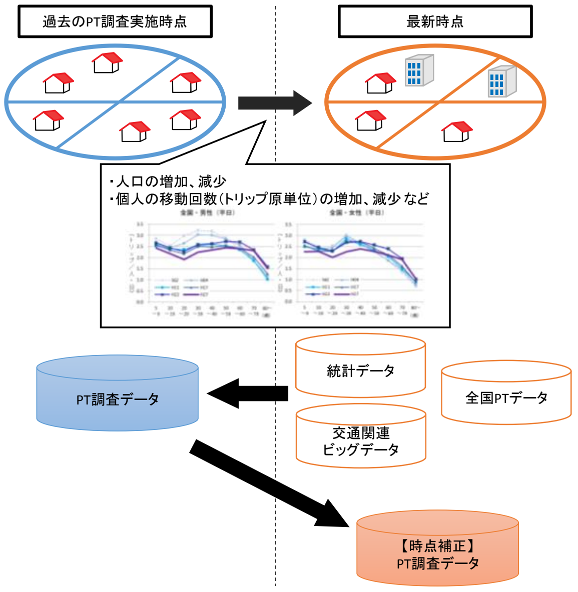

図-1　時点補正手法のイメージ

「マスターデータ」と，マスターデータを集計して得られる OD 表などの「集計データ」に分けられる．マスターデータの段階で時点補正を行うことで，最新時点に補正された個人属性毎のトリップを得ることができるため，外出率や原単位（一日当たりの移動回数）といった指標を再集計することもできる．

本研究では，マスターデータの時点補正手法の確立を目的として手法を検討し，東京都市圏 PT 調査データと熊本都市圏 PT 調査データでケーススタディを行い最新時点での再現性を確認する．検証する手法は，人口を補正する手法と原単位を補正する手法の２つである．前者は，統計データに基づく最新時点の人口構成に整合するよう個人単位の拡大係数に補正率を乗じる手法である．茂木ら [1]は，居住人口でマスターデータを時点補正する手法を検証し，総 OD 交通量などは最新時点の交通量に近づけられるものの，外出率や原単位など，属性毎に差がある指標の再現は困難であることを示している．そこで，後者の原単位を補正する手法を検証する．これは，全国 PT 調査による最新時点の目的別属性別の原単位に整合するようトリップ単位で補正率を乗じて目的別属性別の原単位を置き換える手法である．検討の結果をもとに，拡大係数を補正する際に考慮すべきサンプルの属性や都市圏による特徴について考察する．

2.　人口の時点補正手法の検討

基本とする手法はマスターデータの拡大係数に個人属性毎の補正率を乗じるものとする．

PT 調査はサンプル調査である．よって，各都市圏で実施されている一般的な PT 調査では，実態調査から得られたサンプルに対して，国勢調査等の各種統計データから得られる居住人口を基に，地域別・性別・年齢階層別の拡大処理を実施している．総人口の変化や少子高齢化といった人口構成の変化は，都市交通の量そのものに直接的に影響を与えることから，PT 調査の拡大処理と同様に時点補正手法でも最新時点の人口と整合を図るものとする．

(1)　カテゴリ区分の設定

マスターデータの各サンプルの拡大係数に乗じる補正率は，個人属性によるカテゴリ区分毎に設定する．既往研究では，主に PT 調査の拡大処理の方法に則っている．茂木ら [1]は西遠都市圏及び東京都市圏を対象に，中矢ら [2]は京阪神都市圏を対象に，石井ら [3]は松山都市圏を対象に，各都市圏 PT 調査の拡大処理におけるカテゴリ区分を踏襲し，地域別の性別年齢階層（5 歳階級，10 歳階級）を基本に設定している．栄徳ら [4]は，通常の四段階推計手法の生成量，発生・集中モデルの説明変数に着目し，性別年齢階層のほかに，就業有無及び免許有無を考慮している．

既往研究のカテゴリ区分をもとに，性別，年齢，就業有無，免許有無それぞれで交通特性に違いが生じるか否かを検証した．検証は全国 PT 調査データを使用し，例えば性別であれば男女別の原単位を集計し，男女で原単位が異なるかを比較した．なお，原単位は，全国 PT 調査の都市類型別に集計した．

表-1　全国 PT 調査における都市類型

都市類型			調査対象都市
a	三大都市圏	中心都市	さいたま市、千葉市、東京区部、横浜市、川崎市、名古屋市、京都市、大阪市、神戸市
b		周辺都市	取手市、所沢市、松戸市、稲城市、堺市、豊中市、奈良市
c			青梅市、小田原市、岐阜市、豊橋市、春日井市、津島市、東海市、四日市市、亀山市、近江八幡市、宇治市、泉佐野市、明石
d	地方中枢都市圏	中心都市	札幌市、仙台市、広島市、北九州市、福岡市
e		周辺都市	小樽市、千歳市、塩竈市、呉市、大竹市、太宰府市
f	地方中核都市圏（中心都市 40 万人以上）	中心都市	宇都宮市、金沢市、静岡市、松山市、熊本市、鹿児島市
g		周辺都市	小矢部市、小松市、磐田市、総社市、諫早市、臼杵市
h	地方中核都市圏（中心都市 40 万人未満）	中心都市	弘前市、盛岡市、郡山市、松江市、徳島市、高知市
i		周辺都市	高崎市、山梨市、海南市、安来市、南国市、浦添市
j	地方中心都市圏 その他の都市	−	湯沢市、伊那市、上越市、長門市、今治市、人吉市

a)　性別

性別は PT 調査の拡大手法や生成量，発生・集中モデルの説明変数にも考慮されることが多い．全国 PT 調査の集計結果では，女性に比べて男性の原単位（全目的・全手段）が大きい．したがって，性別により交通特性は異なる傾向を示すことからカテゴリ区分として考慮することが望ましいと考える．

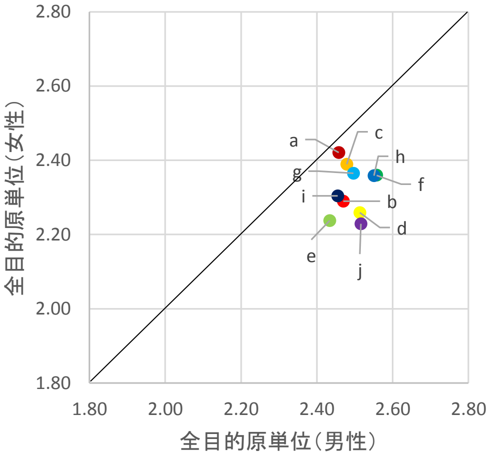

図-2　性別全目的原単位の比較

b)　年齢

年齢は PT 調査の拡大手法や生成量，発生・集中モデルの説明変数にも考慮されることが多い．全国 PT 調査の原単位の集計結果では，30～60 代にかけて概ね同程度であるのに対し，10～20 代や 70 代以上の原単位は小さい．したがって，年齢により交通特性は異なる傾向を示

すことからカテゴリ区分として考慮することが望ましいと考える．

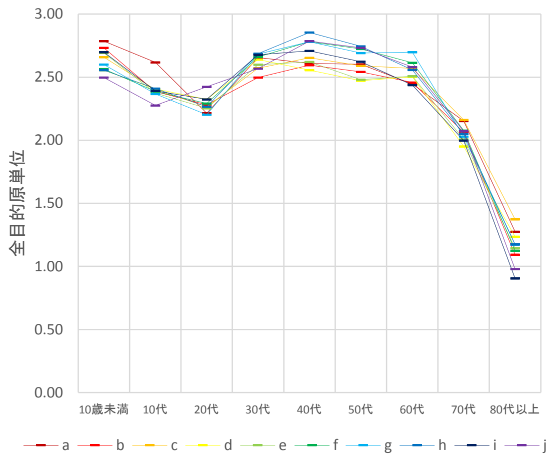

図-3　年齢階層別全目的原単位の比較

c)　就業有無

就業有無は生成量，発生・集中モデルの説明変数にも考慮されている．全国 PT 調査の集計結果では，非就業者に比べて就業者の原単位（全目的・全手段）が大きい．したがって，就業有無により交通特性は異なる傾向を示すことからカテゴリ区分として考慮する．

また，都市類型によって傾向に差があり，都市部ほど就業有無による差が小さく，地方部ほどその差は大きい．

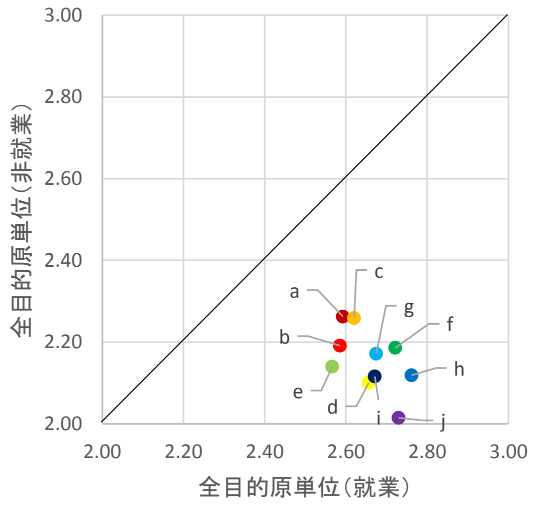

図-4　就業有無別全目的原単位の比較

d)　免許有無

免許有無は生成量，発生・集中モデルの説明変数にも考慮されている．全国 PT 調査の集計結果では，免許保有者ほど原単位（全目的・全手段）が大きい．したがって，免許有無により交通特性は異なる傾向を示すことからカテゴリ区分として考慮する．

また，就業有無と同様に都市類型によって傾向に差があり，都市部ほど免許有無による差が小さく，地方部ほどその差は大きい．

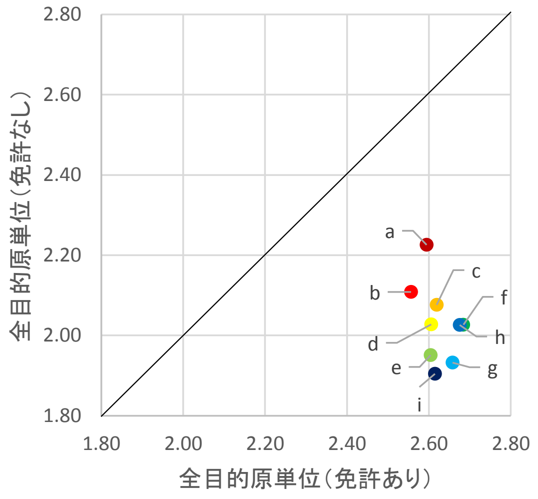

図-5　免許有無別全目的原単位の比較

上記の結果を踏まえ，カテゴリ区分は，性別・年齢・就業有無・免許有無の掛け合わせとする．

(3)　人口の補正手法の検討

人口の補正手法は，一般的な PT 調査や既往研究と同様に，前述のカテゴリ区分毎に居住人口を拡大処理することを基本とする．また，本研究では，4 段階推計手法における発生・集中モデルの説明変数にも考慮されている従業人口にも着目する．特に通勤・業務・私用目的トリップの集中量や帰宅目的トリップの発生量の補正には，居住人口のみではなく，地域別の従業人口を考慮することが有効であると考えられる．

PT 調査データ及び人口に関する統計データを用いてマスターデータを補正する手法のフローと各ステップの詳細な処理を以下に示す．

<u>ステップ 1：居住人口の補正</u>

PT 調査データからゾーン別属性別人口を集計し，統計データで得られた最新時点のゾーン別属性別人口との比率であるゾーン別属性別人口補正率を算出する．

算出したゾーン別属性別人口補正率は，PT マスターデータの各サンプルの居住地ゾーンと属性でマッチングし PT マスターデータに付加する．

<u>ステップ 2：従業人口の補正</u>

過去の PT 調査データを集計して得られるゾーン別従業人口と，統計データから得られる最新時点のゾーン別従業人口の比率（ゾーン別従業人口補正率）を算出する．

算出したゾーン別従業人口補正率は，ステップ①で作成したマスターデータの各サンプルの目的地ゾーンとマッチングしマスターデータに付加する．

ステップ 3：統計値との誤差の最小化

PT 調査マスターデータの調査時点の拡大係数に，ステップ①で付加したゾーン別属性別人口補正率，ステップ②で付加したゾーン別従業人口補正率を乗じることで得られる補正拡大係数が，最新時点を再現した拡大係数となる．この補正拡大係数を集計することで得られるゾーン別属性別人口の集計値とゾーン別従業人口の集計値と最新時点におけるそれぞれの統計値との誤差がいずれも最小となるように収束計算を行う．これにより，最新時点での居住人口と従業人口のいずれにも整合したマスターデータが得られる．

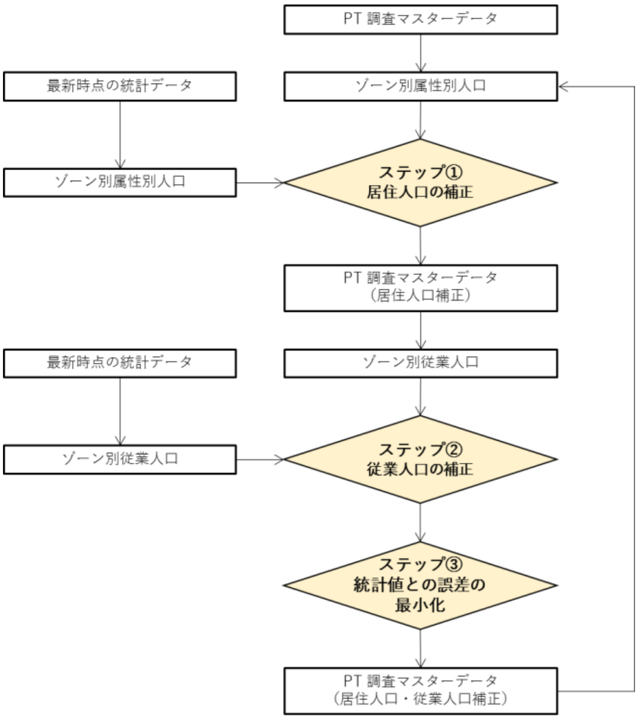

図-6　人口の補正手法のフロー

3.　人口の補正手法のケーススタディ

(1)　ケーススタディの対象都市

三大都市圏である東京都市圏と地方部である熊本都市圏を対象とする．

a)　東京都市圏

東京都市圏では H10（第 4 回）と H20（第 5 回）に PT 調査を実施し，過去から 10 年の間隔が生じている．

b)　熊本都市圏

熊本都市圏では H9（第 3 回）と H24（第 4 回）に PT 調査を実施し，過去から 15 年の間隔が生じている．

(2)　検証方法

東京都市圏は，H10 東京 PT データに，H20 の拡大母数を用いて性別・年齢階層別（10 歳階級）・就業有無別・免許有無別に拡大係数を振り直して時点補正したマスターデータと H20 東京 PT データのそれぞれの集計値を比較する．熊本都市圏も H9 熊本 PT データと，H24 熊本 PT データを用いて同様の補正を行った上で集計値を比較する．

(3)　検証結果

a)　人口の拡大結果

東京・熊本両都市圏でゾーン別性年齢別居住人口・ゾーン別従業人口を同時に拡大できている（図 7～10）．

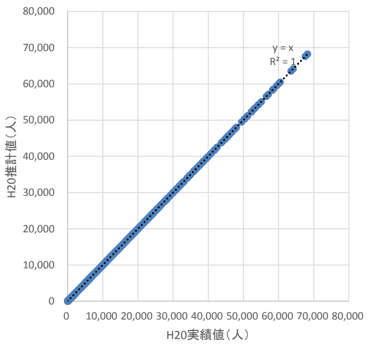

図-7　居住人口の拡大結果（東京都市圏）

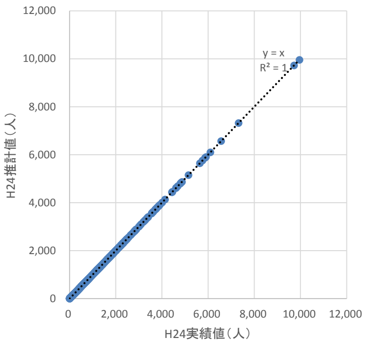

図-8　居住人口の拡大結果（熊本都市圏）

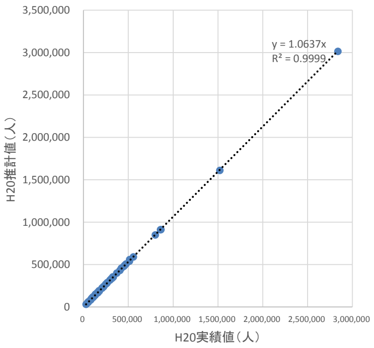

図-9　従業人口の拡大結果（東京都市圏）

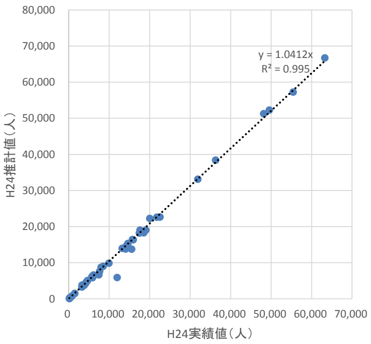

図-10 従業人口の拡大結果（熊本都市圏）

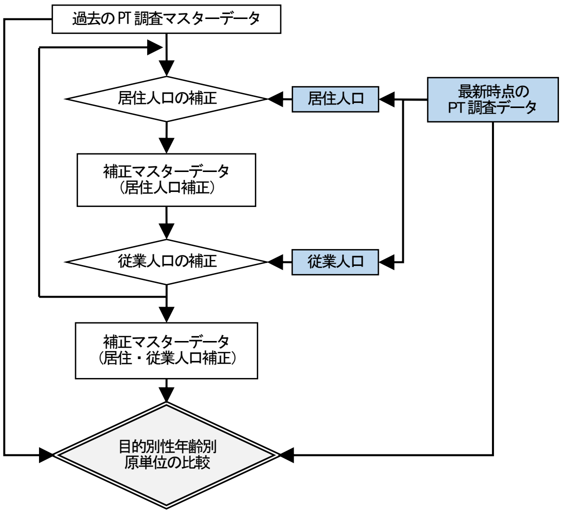

図-11 人口の補正手法の検証フロー

b) 人口補正による再現性の確認

目的別性年齢別原単位の実績値と補正値の比較により人口の補正による再現性を確認した．実績値とは最新の PT 調査マスターデータの集計値であり，補正値は時点補正後のマスターデータの集計値である．補正による変化を確認するため，補正前である過去の PT 調査マスターデータも比較対象とした．

補正により，全ての目的で両都市圏の R^2 値が向上しており，RMSE も改善している（表-2）．特に東京都市圏では補正後の通勤・通学・業務の R^2 値は 0.98 を超え，RMSE も 0.05 を下回っており．熊本都市圏では，通学の R^2 値が 0.997，RMSE が 0.028 である．

一方で，私事の R^2 値は他の目的に比べ低く，熊本都市圏では RMSE が 0.245 と高い．また業務では熊本都市圏の RMSE が 0.151 と高い．また，散布図による比較結果からも通勤・通学に比べて，私事・業務のばらつきが大きいことが確認できる（図-12）．

表-2 人口の補正手法による目的別原単位の検証結果

目的	都市圏	R^2値		RMSE	
		補正前	補正後	補正前	補正後
通勤	東京	0.979	0.997	0.049	0.043
	熊本	0.953	0.980	0.101	0.087
通学	東京	0.998	0.999	0.023	0.013
	熊本	0.997	0.997	0.032	0.028
私事	東京	0.767	0.831	0.173	0.083
	熊本	0.697	0.849	0.295	0.245
業務	東京	0.967	0.987	0.054	0.023
	熊本	0.923	0.957	0.149	0.151

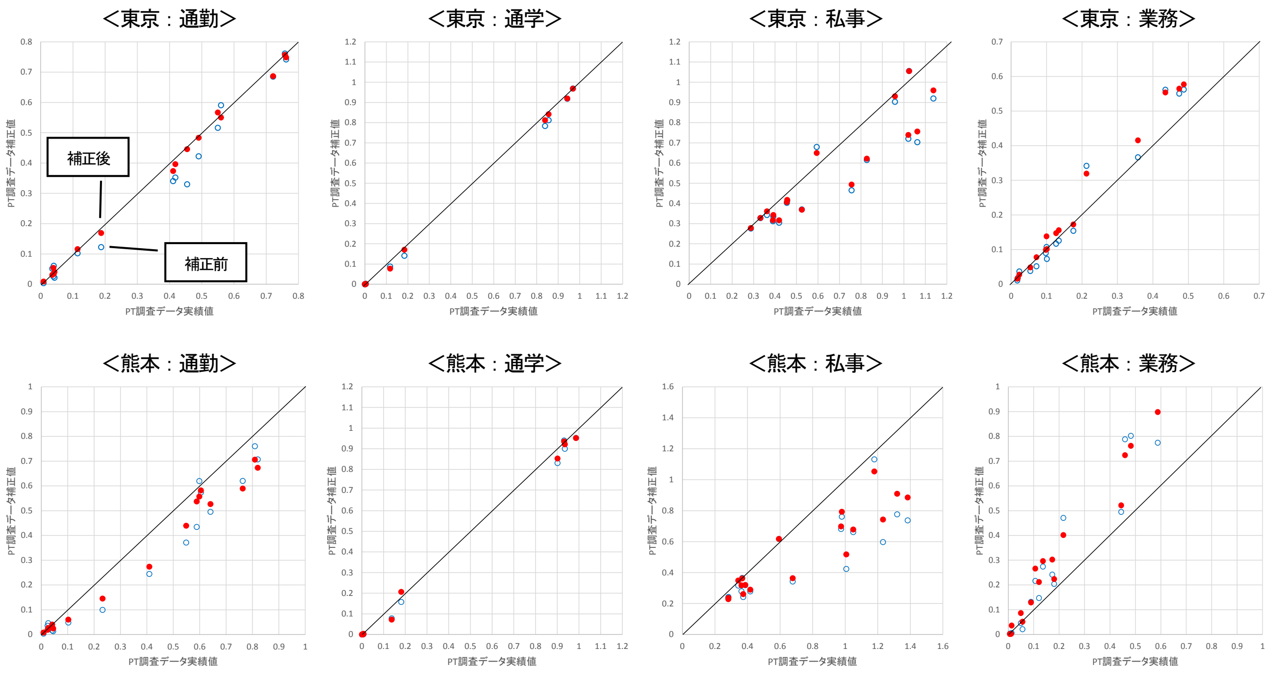

図-12 人口の補正手法による目的別原単位の比較

(4) ケーススタディのまとめ

人口の補正を行うことで，通勤・通学目的のトリップは高い再現性でトリップ数を補正できることを確認した．一方，私事・業務目的のトリップは人口の補正のみでは十分に再現できないことを確認した．私事・業務目的の移動は，ライフスタイルの変化や各種施設の立地などの開発動向といった人口構成の変化以外の社会経済情勢の変化による影響を受けると考えられる．そのため，人口の拡大処理とは異なるアプローチからの補正手法が必要であると考えられる．

また，東京都市圏に比べ熊本都市圏の再現性が低い．東京都市圏が過去の PT 調査から 10 年経過しているのに対し，熊本都市圏は 15 年経過している．年数の経過で移動を取り巻く環境の変化が進むことが，２つの都市圏で生じた再現性の違いの一因と考えられる．

4. 原単位の時点補正手法の検討

前章にて，人口の補正手法は通勤・通学目的トリップの再現に効果がある一方，私事・業務目的トリップの補正に課題があることを確認した．通勤・通学目的の移動回数は，就業・就学といった個人属性に依存する上，一日の行動の中で概ね 1 回程度と固定されている．一方で私事・業務目的の移動回数は性別・年齢・職業有無・職業・利用可能な交通手段などの個人属性や周辺環境などによっても異なる．既往研究でも，人口データのみの時点補正では，外出率や原単位など，属性毎に差がある指標の再現は困難であることが課題とされている．

近年の移動に関する動向として，経年的な全国 PT 調査の分析結果では，70 代のトリップ原単位は増加している一方，20 代は大きく減少していることが明らかになっている [5]．このように，時間の経過による社会経済情勢やライフスタイルの変化に応じて一人ひとりの移動特性は変化している．この変化は人口構成の補正のみでは再現が困難であるため，一人ひとりの一日の移動回数である原単位そのものの補正が必要である．

(1) 原単位の補正手法の検討

上記に鑑みて，原単位を補正する手法を検討する．中矢ら [2]は，道路交通センサスから得られる自動車トリップ数をもとに総生成量と発生集中量，OD 分布量を補正している．石井ら [3]は小規模な PT 調査から得られる性別年齢別トリップ数，目的別トリップ数に整合するように拡大係数を補正している．本研究による原単位の補正手法は，自動車に限らず全手段を対象に補正可能であることと，既往の調査を活用することとし，5 年毎に実施されている全国 PT 調査データを活用する．また，前述の手法により居住人口と従業人口を時点補正したマスターデータを対象に補正を行うものとする．

PT 調査データ及び全国 PT 調査データを用いてマスターデータの原単位を補正する手法のフロー（図-13）と各ステップの詳細な処理を以下に示す．

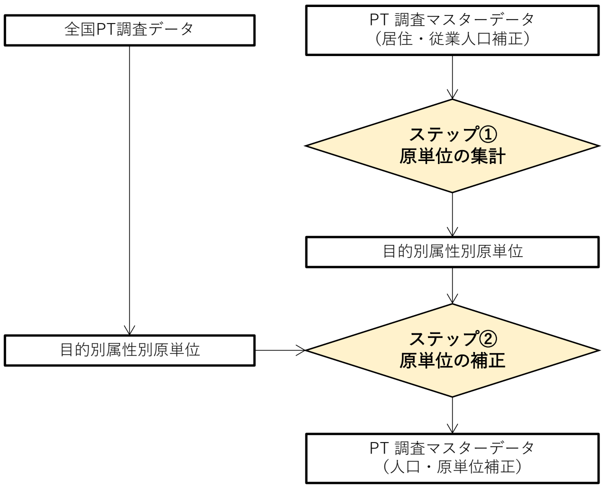

図-13 原単位の補正手法のフロー

<u>ステップ 1：居住人口の補正</u>

居住人口と従業人口を最新時点に補正した PT 調査マスターデータから属性別人口と目的別属性別トリップ数を集計し，目的別属性別原単位を算出する．

算出する際の属性および目的の集計カテゴリーは，人口の補正手法と同様に性別，年齢，就業有無，免許有無とする．

<u>ステップ 2：従業人口の補正</u>

ステップ①でマスターデータから算出した目的別属性別原単位と最新時点の目的別属性別原単位から目的別属性別原単位補正率を算出する．

最新時点の目的別属性別原単位は，最新の全国 PT 調査データから算出する．なお，２章で全国 PT 調査の都市類型別の原単位を集計した結果，都市類型によって交通特性が異なることが明らかになった．よって，最新時点の原単位を算出する際は，対象都市圏が該当する都市類型のデータを用いて算出する．

算出した目的別属性別原単位補正率は，マスターデータにおける各サンプルの個人属性と移動目的が一致するトリップ単位のデータに付加する．

5. 原単位の補正手法のケーススタディ

(1) ケーススタディの対象都市

人口の補正手法と同様に，東京都市圏と熊本都市圏を対象とする．

(2) 検証方法

東京都市圏および熊本都市圏を対象に，全国 PT 調査データを用いて過去の PT 調査データの原単位を補正した．最新時点の PT 調査データと補正前後の PT 調査データから個人属性別の目的別原単位を集計し比較すること

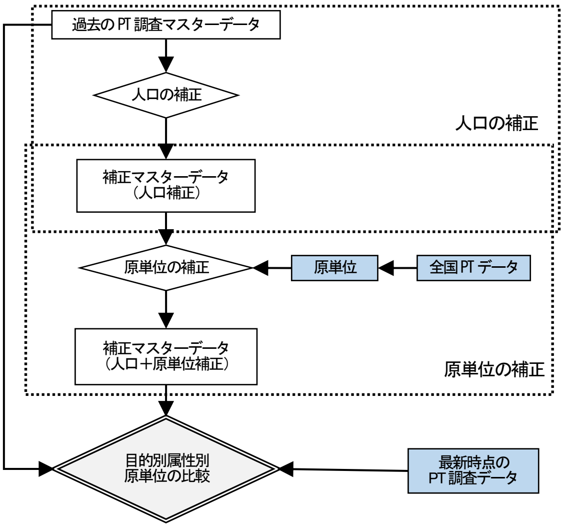

図-14 原単位の補正手法の検証フロー

で，再現性を検証した．

東京都市圏の PT 調査データは東京区部のデータのみを対象とし，全国 PT 調査データは［a］三大都市圏の中心都市のみを対象とした．熊本都市圏の PT 調査データは熊本市のデータのみを対象とし，全国 PT 調査データは［j］地方中核都市圏（中心都市の人口 40 万人以上）の中心都市のみを対象とした．

なお，人口の補正手法で再現が困難であった私事・業務目的を補正の対象とした．

(3) 検証結果

a) 原単位の補正による再現性の確認

最新時点の PT 調査データによる目的別属性別原単位の実績値と補正値の比較により原単位の補正による再現性を確認した．

表-3 人口の補正手法による原単位の検証結果（私事）

性別	都市圏	R^2値		RMSE	
		補正前	補正後	補正前	補正後
男性	東京	0.832	0.854	0.219	0.168
	熊本	0.673	0.883	0.325	0.158
女性	東京	0.818	0.846	0.199	0.201
	熊本	0.739	0.706	0.294	0.252

表-4 人口の補正手法による原単位の検証結果（業務）

性別	都市圏	R^2値		RMSE	
		補正前	補正後	補正前	補正後
男性	東京	0.867	0.372	0.099	0.163
	熊本	0.698	0.606	0.233	0.141
女性	東京	0.749	0.391	0.041	0.087
	熊本	0.351	0.297	0.292	0.119

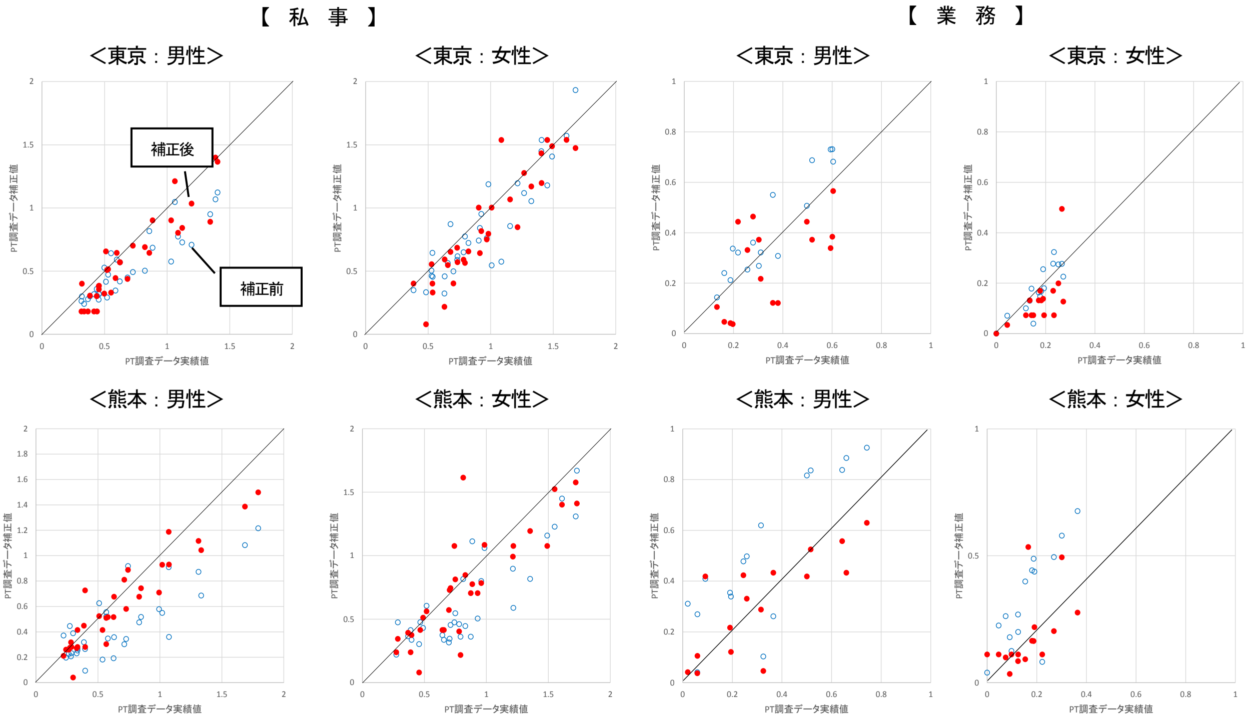

図-15 原単位の補正手法による目的別原単位の検証結果

私事目的では，補正により両都市圏の R^2 値が向上しており，RMSE も改善している（表-3）.

一方で業務目的では， R^2 値と RMSE の改善は確認できない.

(4) ケーススタディのまとめ

原単位の補正を行うことで，私事目的のトリップは時間経過による変化の傾向が概ね再現できていることを確認した．一方で，業務目的のトリップは再現が困難であることを確認した．業務目的の移動は，人口規模のみならず地域の産業構造や主要な産業の種類との関係性も強いことが考えられる．そのため，人口規模が同程度である都市のデータを使用して原単位を補正したとしても，移動の実態を十分に再現できないことが考えられる.

6. おわりに

(1) 本研究の成果

本研究では，東京都市圏と熊本都市圏を対象に，最新の人口データや全国 PT 調査データを用いて拡大係数を振りなおすことで，PT 調査データの人口構成と目的別原単位を最新時点に補正する方法を検討した．その結果，以下の成果が得られた.

- 個人属性として性別，年齢，職業有無，免許有無を考慮し，最新時点の居住人口および従業人口と同時に整合するようマスターデータの拡大係数を補正することで，通勤・通学目的の性年齢別原単位を高い精度で再現できる
- 対象都市の都市類型に留意し，最新時点の全国 PT 調査データから算出した原単位を最新時点の原単位として置き換えることで，人口の補正で再現が困難である私事目的の属性別原単位を再現できる

(2) 今後の課題

原単位の補正手法は，人口規模が近い都市では原単位が同程度であると仮定して適用しているものの，業務目的では再現性が低い結果となった．そのため，さらなる手法の改良が必要である．例えば，以下の方法が考えられる.

- 人口規模のほか，産業構造や主要な産業の分類等に着目した都市類型を設定する
- ２時点の全国 PT 調査データから算出した原単位の伸び率を乗じることで，過去の PT 調査データの原単位を補正する

本研究による補正手法は，人口構成と原単位による移動回数を補正するものであり，調査時点から土地利用状況や交通ネットワークの整備状況が大きく変化していないことが前提となる．新たな開発などによる目的地の変化など OD 分布の変化を再現するには，小規模な PT 調査や実態調査の結果が活用された例もある．また、近年では，交通関連ビッグデータの活用が有効と考えられる．今後は交通関連ビッグデータを活用した補正手法の事例や知見を増やし，検討を進める必要があると考えられる.

参考文献

1) 茂木渉，加藤昌樹，菊池雅彦，井上直，岩舘慶多：都市圏 PT データの時点更新手法に関する検討，土木計画学研究・講演集，Vol.55，CD-ROM，2017.
2) 中矢昌希，白水靖郎，田中文彬，松村光祐，鎌田耕平，三上理紗：ビッグデータと外生データの活用によるパーソントリップ調査データの時点更新手法の開発，土木計画学研究・講演集，Vol.55，CD-ROM，2017.
3) 石井朋紀，中野雅也，久野暢之，吉沢方宏：松山都市圏 PT 調査データの時点更新，土木計画学研究・講演集，Vol.55，CD-ROM，2017.
4) 栄徳洋平，渋川剛史，国分恒彰，高嶋裕司，溝上章志：PT マスターデータを用いた現況データ更新及び将来交通需要推計方法の提案，土木計画学研究・講演集，Vol.55，CD-ROM，2017.
5) 関信郎，井上直，菊池雅彦，岩舘慶多，国府田樹，萩原 剛，森尾 淳：全国都市交通特性調査結果から見たトリップ原単位の経年変化分析，土木計画学研究・講演集，Vol.55，CD-ROM，2017.

CASE STUDIES ON UPDATING METHOD OF PERSON TRIP SURVEY DATA IN METROPOLITAN AREAS

Koji SUENARI, Kengo OCHI, Nobuo SEKI, Keita IWADATE, Masahiko KIKUCHI, Yohei EITOKU and Takeshi SHIBUKAWA