

公共工事による社会的コストの最小化を目指した

交通分析・評価システムの構築



所属名：岡山大学大学院環境学研究科

発表者：松中 亮治

1. はじめに

道路は、国民の日常生活や産業活動に不可欠の社会資本であり、自動車、二輪車、歩行者等に円滑な通行サービスを提供する「トラフィック機能」、沿道の土地、建物、施設への出入サービスを提供する「アクセス機能」、さらには公共公益施設の収容空間、防災空間、生活環境空間等に代表される「空間機能」等の役割を果たしている。一方で、道路が有する多様な機能を維持し、改良してゆくためには、道路管理者による維持・修繕工事や民間企業（電気、電話、ガス等）が行う占用工事が必要であり、工事に伴う通行規制は道路交通への影響を余儀なくしている。また、道路利用者の「道」への要望においては、道路工事の削減を望む声が強くなり、総合的な道路工事のマネジメントが時代の要請となっている。また、中国地方では、岡山県を始めとする各県において、地域ITSによる総合移動支援システムの構築が進められているが、その中では、公共工事による移動時間変動の予測と情報提供、並びに交通行動の変化を考慮した移動支援の確立が大きな課題である。

以上のような背景のもと、本研究は、公共工事の総合コスト縮減に向けた技術開発のうち、中国地域、特に岡山市域を対象として、都市内の自動車流や公共交通を利用する乗客の行動といった交通状況を逐次再現可能な都市内交通シミュレーションモデルをベースとした交通分析・評価システムを構築するとともに、構築する分析・評価システムを用いて、公共工事に伴う通行規制による道路利用者の移動時間への影響を予測・評価し、公共工事による社会的コスト縮減に向けた施策を評価することを目的としている。

2. プロブデータの活用による分析精度の向上

2-1 プロブデータの活用方法

本研究では、国土交通省岡山国道事務所の協力のもと、これまで同事務所が中心となって収集してきたバスおよび一般車両・パトロールカーによるプロブデータを用いて、バスの走行速度と一般車両の走行速度の関係を定量的に明らかにし、バス走行速度から一般車両走行速度を推計する『一般車両走行速度推計式』を提案する。さらに、その結果を3.で構築する都市内交通シミュレーションに組み込むことによって、シミュレーションモデルの分析精度向上を図り、道路交通の動的変動を考慮した精度の高い交通分析・評価システムを構築する。

本研究で使用したバスプロブデータのデー

表 2-1 使用データ概要

データ取得期間	2002年12月～2003年3月	
データ取得道路区間	国道30号（清輝橋～東紅陽台）	
車種	バス	路線バス
	一般車両	パトロールカー 事務所車両
データ数	バス	約120,000
	一般車両	約25,000
記録ピッチ	1分間隔	

タ項目は、プローブ機器番号、データ取得年月日・時刻、GPS 緯度・経度、地点速度、走行方向、走行路線コードである。また、一般車両プローブデータについても、バス系統、年次毎に整理されたデータを時系列順に並べたものであり、データ項目についてもバスプローブデータと同様である。なお、両プローブデータともデータ取得時間間隔は1分間である。使用したデータの概要を表2-1に示す。

2-2 バスプローブデータの処理方法

本研究では、プローブカーの走行位置(緯度・経度)、走行方向等のデータから、最寄りの道路リンクへの垂線と道路リンクとの交点上に位置補正したデータを用いることとした。その際、受信データの走行方向から最寄りの道路するリンクを決定する。さらに、補正後のプローブデータが、前後のプローブデータが存在するリンクと異なるリンク上に存在する場合、前後のデータと同一リンクに存在するものとしてデータを補正している。

本章ではバスプローブデータを道路リンク単位で集計し、分析を進めていく。その際、本研究で用いるデータはバス走行データであることから、走行経路を特定するルートマッチング作業を行う必要はないが、バス特有の交通行動であるバス停停車及び停車に伴う減速、発車時の加速を考慮する必要がある。よって、それらバス停停車に伴う挙動による影響を排除した上でリンク走行速度を算出可能なデータ処理プログラムを開発した。開発したデータ処理プログラムの全体のフローを図2-1に示す。

次節では、このデータ処理プログラムによって算出したリンク走行速度及びリンク流入・流出時刻を基にバス走行速度データを一般車両走行速度データに変換する方法を提案する。

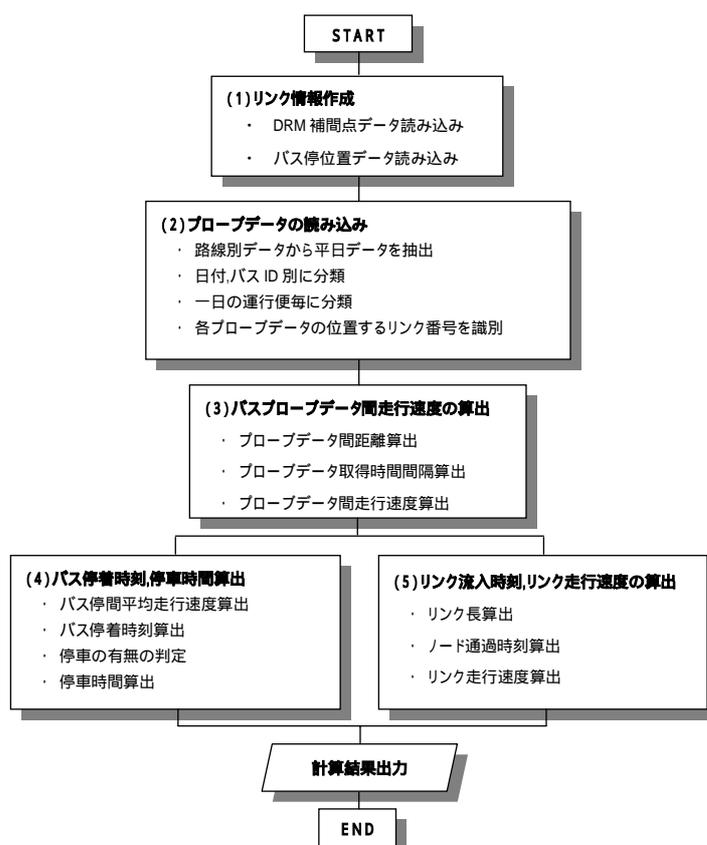


図2-1 データ処理プログラムのフロー

2-3 一般車両走行速度データへの変換方法

路線バスによって収集したバスプローブデータを用いて一般車両の走行状況を把握するためには、路線バスの走行特性と一般車両の走行特性が異なることを考慮し、バス走行データを一般車両走行データに変換する必要がある。本研究では、このような走行特性の相異を考慮した上で、路線バスの走行速度から一般車両の走行速度を推計する『一般車両走行速度推計式』¹⁾を提案する。

前節で示したデータ処理プログラムを用いて、バス、一般車両それぞれについて、リンク流入時刻によって朝ピーク時(7~9時)、夕ピーク時(17~19時)、オフピーク時(その他の時間帯)の3つの時間帯にデータを分類し、それぞれの時間帯について、各リンクにおける月ごとの平均走行速度を算出した。また、バスの走行特

性により、バス走行速度は一般車両走行速度よりも遅いものとし、そうでないものはエラーデータとして除外した。本研究では以下に示す2つの推計式を仮定し、それぞれの式のパラメータを回帰分析により推定した。

$$V_c = \alpha_1 V_b + \beta_2 \quad (1)$$

$$V_c = \alpha_2 \cdot V_b^{\beta_2} \quad (\log_e V_c = \beta_2 \log_e V_b + \log_e \alpha_2) \quad (2)$$

V_c : 一般車両走行速度 (km/h), V_b : バス走行速度 (km/h), $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$: パラメータ

朝ピーク・オフピーク・夕ピークの時間帯毎に、上下方向別に、バス停停車時間を考慮した場合とバス停停車時間を考慮しなかった場合について、式(1)ならびに式(2)を用いて一般車両走行速度を推定した結果を表2-2に示す。

バス停停車時間を考慮した場合と、考慮しなかった場合について、その推定結果を同一時間帯でそれぞれ比較すると、バス停停車時間を考慮した場合の方が全体として決定係数が高くなっていることが分かる。これは、バス停停車時間を考慮することにより、バス停停車時間を考慮しない場合よりもバス停での停車挙動による影響を除いたバスの実際の走行速度に近い値を算出することができ

表2-2 決定係数及びサンプル数

	方向	時間帯	決定係数		サンプル数
			単回帰	単回帰 (対数)	
バス停 停車時間 考慮あり	上り	朝ピーク時	0.4672	0.4589	456
		オフピーク時	0.4302	0.4012	618
		夕ピーク時	0.4517	0.4918	266
	下り	朝ピーク時	0.3508	0.4149	579
		オフピーク時	0.4161	0.4048	522
		夕ピーク時	0.5820	0.6610	205
	全方向 全時間帯(上り朝ピーク時除外)		0.3946	0.4123	2190
バス停 停車時間 考慮なし	上り	朝ピーク時	0.3404	0.3437	501
		オフピーク時	0.3212	0.3003	705
		夕ピーク時	0.4490	0.4379	306
	下り	朝ピーク時	0.3399	0.3905	585
		オフピーク時	0.3987	0.3851	530
		夕ピーク時	0.6281	0.7064	215
	全方向 全時間帯(上り朝ピーク時除外)		0.3686	0.3820	2341

おり、一般車両との相関が高くなったため、推計式の説明力が向上したものと考えられる。この結果は、バスプローブデータを用いる際、バス停停車時間を考慮することの必要性を示すものであるといえる。よって、以降の分析はバス停停車時間を考慮した上で行うこととする。

ここで、バス停停車考慮の有無にかかわらず、全方向・全時間帯のケースにおける推計式においては、式(2)を用いた場合の方が、決定係数が高くなっている。よって、本研究では、バス停停車時間を考慮したうえで、この結果を一般車両走行速度推計式として適用することとし、この推計式を次章で構築する都市内交通シミュレーションモデルに組み込み、通行規制を伴う公共工事における渋滞緩和対策の評価を行う。

3. 都市内交通シミュレーションモデルの構築

3-1 シミュレーションモデルの概要

本研究で構築した都市内交通シミュレーションモデルは、自動車交通流に公共交通の経路と運行頻度を組み込み、自動車ならびに電車・バス及び公共交通利用者である乗客の動きを動的に求めるものである。その際、バスの走行速度については、2.で推計した一般車両走行速度推計式を利用して自動車の走行速度からバスの走行速度を算出する換算式を求め、その換算式を都市内交通シミュレーションモデルに組み込むこ

とによって、より正確に都市内の自動車流を表現している。また、シミュレーションを行う際には、道路ネットワークをノードとリンクを用いて表現し、ノードには交差点としての役割のほかに、車両の出発地・目的地としての役割を持たせている。一方、リンクには方向性を持たせるため、一般の道路は2本のリンクの束として表現している。そして、各リンク上の自動車・バスならびに乗客の動きを逐次再現している。

上記のような道路交通流を対象とした都市内交通シミュレーションモデルは、近年盛んに開発されているが²⁾³⁾⁴⁾、本シミュレーションモデルの特徴は、公共交通の経路や運行頻度を組み込んだハイブリッドタイプのモデルとなっている点である。特に、自動車とバスの走行状況が相互に関係していることを表現しているため、より正確な交通施策評価が可能となっている⁵⁾⁶⁾⁷⁾。

3 - 2 入力データセット

シミュレーションのインプットデータとして用いる乗客と自動車の流動データについては、平成6年(1994年)に実施された第3回岡山県南パーソントリップ調査(以下、岡山県南PT調査と略す)のデータを用いることとした。その際、自動車あるいは乗客トリップが、それぞれ同一時刻に発生し、発着地が同じであれば、車両ユニット・乗客ユニットとして、まとめて取り扱うこととし、市内トリップだけでなく、市外からの流入・流出・通過トリップも考慮し、インプットデータを作成した。ただし、一つのユニットとしてまとめて扱うことができるトリップ数は、それぞれ自動車3台、乗客3人以内とした。

ゾーン区分については、岡山県南PT調査の基本ゾーンをベースに岡山市を46ゾーンに区分した。ただし、岡山市中心部のゾーンについては、岡山県南PT調査の小ゾーンをゾーン区分として用いることとし、岡山市以外の岡山県南PT調査圏域については、倉敷市(二ゾーンに分割)を除いて、一市町村一ゾーンとした。

また、道路ネットワークは、主要交差点をほぼ網羅した608ノードと、国道をはじめ県道、主要地方道ならびに市内全バス路線を含む1,615リンクによって構成される。一方、公共交通については、JRと岡山電気軌道の路面電車、岡電バス、両備バス、下電バス、宇野バス、中鉄バス、備北バスの岡山市を通るバス路線(246路線)で構成されており、鉄道は標準駅間所要時間で運行し、バスは自動車交通シミュレーションによるリンク速度に従って走行するものとしている。

3 - 3 シミュレート方法

自動車交通状況の再現にあたっては、道路ネットワークのリンクフローを車両ユニットとして表現する。車両ユニットは現在走行しているリンクの他に、速度、走行位置といった情報を持たせており、時刻ごとにその情報を更新している。また、道路ネットワーク上の各車両ユニットは、最短所要時間経路を走行するように各ノードに到着した時点の情報に基づいて、次の走行リンクを決定している。なお、最短所要時間経路は5分ごとに更新されている。なお、自動車の発生・集中ノードの設定にあたって、ゾーン内に複数のノードがある場合には、乱数によって各ノードに同じ確率でトリップが分配されるようにしている。また、車両ユニットの走行費用は、走行距離と平均速度を考慮して、道路投資の評価に関する指針(案)⁸⁾の走行費用原単位を基に算出している。

バスは、車両ユニットとともに道路ネットワークのリンクフローを構成するバスユニットとして表現する。バスユニットは車両ユニットと異なり、最短所要時間経路ではなく、系統ごとに与えられた経路データに従って走行する。また、リンクの交通密度を算出する際には大型車と同様に、バス1台を自動車2台分とカウントし、走行速

度については、2.で推計した一般車両走行速度推計式を利用して自動車の走行速度からバスの走行速度を算出する換算式を用いて算出している。そして、ノードをバス停として、乗客の乗降を行う。その際、バスの停車時間を乗降人数に応じて変化させている。これに対し、鉄道・路面電車は、道路ネットワークを構成するリンクを通らずに、ノード間を移動し、決められた時間にノードに出現する鉄道ユニットとして表現する。

乗客の行動については、乗客は一般化費用が最小となる経路を選択するものとする。なお、バスの乗客の発生・集中ノードの設定にあたって、ゾーン内に複数のノードがある場合には、各バス停のバスの路線数に応じた確率で配分することとした。

3 - 4 交通機関選択モデルの推計

本研究では選択肢を自動車と公共交通の 2 交通機関とし、非集計二項ロジットモデルを用いて交通機関選択確率を推定することとした。この非集計ロジットモデルの共通変数として所要時間と費用（公共交通の場合は運賃）から求めた一般化費用、個人属性として年齢（65 歳以上・未満）、自動車免許の有無、自動車保有の有無の 3 つの変数を設定した。なお、時間価値 ω は勤労統計調査⁹⁾の岡山県の平均賃金を岡山県の平均労働時間で除することにより求めた 35 円/分を用いている。本研究で用いた各交通機関の間接効用関数を次式に示す。

表 3-1 ロジットモデルの推定結果

	パラメータ	t 値
一般化費用のパラメータ a_1	-0.00044	-21.8576
年齢のパラメータ a_2	0.13882	2.5558
免許のパラメータ a_3	2.33143	71.1633
車のパラメータ a_4	1.36082	26.7003
定数項 a_5	-1.31645	-23.9735

$\rho^2 = 0.214$ Hit-Ratio = 89.81

自動車の間接効用関数 :

$$V_c = a_1 \times (\text{一般化費用}) + a_2 \times (\text{年齢}) + a_3 \times (\text{免許の有無}) + a_4 \times (\text{自動車保有の有無}) + a_5 \quad (3)$$

公共交通の間接効用関数 :

$$V_p = a_1 \times (\text{一般化費用}) \quad (4)$$

V_c : 自動車の効用, V_p : 公共交通の効用, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 : パラメータ

上述の非集計二項ロジットモデルの推定結果を表 3-1 に示す。尤度比 (ρ^2) は 0.214、的中率 (Hit-Ratio) は 89.81% となり、比較的良好な結果が得られた。

4. 道路工事に伴う渋滞緩和策の評価

4 - 1 対象とする道路工事ならびに渋滞緩和策

本章では、前章で述べた都市内交通シミュレーションモデルに、2.で推計した一般車両走行速度推計式を組み込むことにより、国道 2 号線岡山市内立体事業実施中の交通状況を予測し、規制区間において道路工事に伴う車線減少が実施された際の渋滞緩和対策として計画されている迂回路の渋滞緩和効果を分析する。対象工事区間、ならびに、本研究において設定した迂回路設置区間を図 4-1 に示す。

4 - 2 渋滞緩和策の評価手順

本研究では 2005 年の交通状況を推定するにあたり 2000 年、2005 年の二つの年次について、4 段階推定

法を用いて段階的に交通状況を推定することとした。具体的には、2000年の発生・集中交通量、分布交通量は1994年のデータから、2005年のゾーン間の発生・集中交通量、分布交通量は2000年のデータから求め、さらに第3章で構築した交通機関選択モデルにより分担交通量を求め、その結果を都市内交通シミュレーションモデルにインプットし、2000年、2005年の交通状況を再現した。そして、国道2号線岡山市内立体事業実施時における渋滞緩和対策としての



図 4-1 国道 2 号岡山市内立体事業実施区間周辺図
(ゼンリン電子地図帳 Z7 2004 を用いて作成)

迂回路の有無により、道路工事に伴う車線減少が実施され、かつ、迂回路が設置された場合を「With ケース」、道路工事に伴う車線減少のみが実施され迂回路が設置されなかった場合を「Without ケース」とし、2005年時点での岡山市域の交通状況を都市内交通シミュレーションモデルによって予測し、迂回路の設置効果を計測することとした。

4 - 3 渋滞緩和策の評価結果

シミュレーションモデルにより得られた、With ケース、Without ケース、それぞれの国道 2 号立体事業実施区間の時間帯別交通量を図 4-2、図 4-3 に、時間帯別平均走行速度を図 4-4、図 4-5 に示す。両方向とも、交通量比較では、With ケースにおいて全ての時間帯を通して交通量が少なくなっている。また、走行速度比較では、特に交通量に変動が見られる 6 時から 22 時の間で With ケースの方が走行速度が大きくなっている。このことから、迂回路を設置することにより、道路工事に伴う車線減少区間への自動車交通の集中を防ぐことが

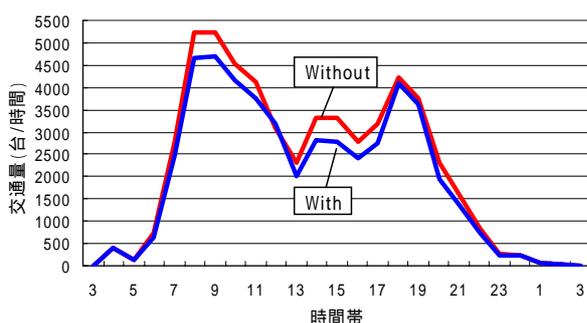


図 4-2 交通量比較(倉敷方面)

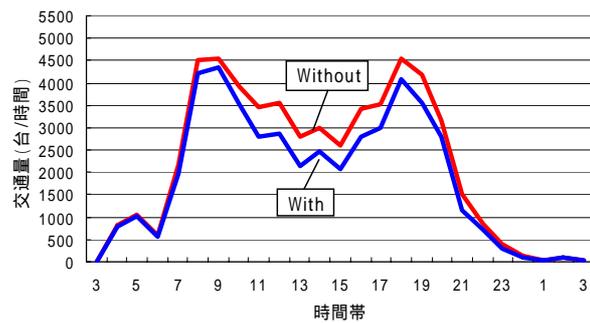


図 4-3 交通量比較(西大寺方面)

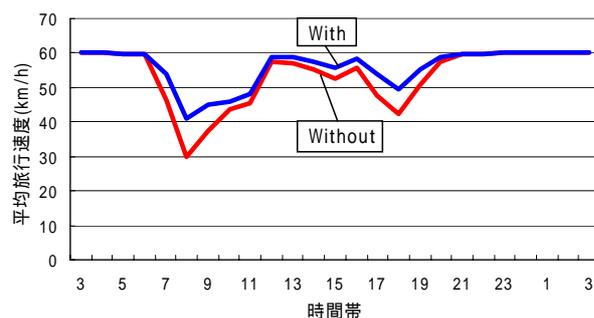


図 4-4 走行速度比較(倉敷方面)

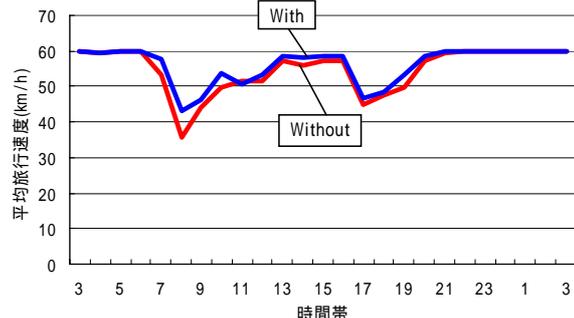


図 4-5 走行速度比較(西大寺方面)

できていると考えられ、それに伴って全体的に走行速度の向上が見られた。また、規制区間における一日の平均交通量は、倉敷方面で 9.8%、西大寺方面で 13.5%減少する、一日の平均所要時間は、倉敷方面で 13.0%、西大寺方面で 4.2%減少するとの予測結果が得られた。さらに、With ケース、Without ケースのシミュレーション結果から、国道 2 号立体事業に伴う車線減少が実施された場合における岡山市内を走行する全車両の一日の総走行時間についても、迂回路を設置することにより約 5%減少すると予測されることから、迂回路設置が車線減少に伴って発生すると考えられる交通混雑の緩和に大きく貢献することが予想される。

5. さいごに

本研究では、公共工事の総合コスト縮減に向けた技術開発として、中国地域、特に岡山市域を対象とし、都市内の自動車流や公共交通を利用する乗客の行動といった交通状況を逐次再現可能な都市内交通シミュレーションモデルをベースとした交通分析・評価システムを構築した。そして、公共工事に伴う通行規制による社会的コスト縮減に向けた施策の一つとして、道路工事に伴い規制区間において車線減少が実施される際の渋滞緩和対策として計画されている迂回路整備を対象として、構築した分析・評価システムを用いて、公共工事に伴う通行規制による道路利用者の移動時間への影響を予測し、その社会的コスト縮減効果、すなわち、渋滞緩和効果を計測した。

実際に、本研究で構築した都市内交通シミュレーションモデルをベースとした交通分析・評価システムを用いて、国道 2 号線岡山市内立体事業実施時における渋滞緩和対策としての迂回路の設置効果を計測した結果、規制区間における一日の平均交通量および平均所要時間が 4.2%～13.5%減少するとの予測結果が得られた。これらのことから、迂回路の設置は、車線減少に伴って発生すると考えられる交通混雑の緩和、すなわち、社会的コストの縮減に対して、効果的な手段であるといえる。

【参考文献】

- 1) 国土交通省中国地方整備局 岡山国道事務所作成：バス走行補正に関する資料，2003.
- 2) 藤井 聡・大塚祐一郎・北村隆一・門間俊幸：時間的空間制約を考慮した生活行動軌跡を再現するための行動シミュレーションの構築，土木計画学研究論文集（14），pp.643-652，1997.
- 3) 中川大・若山真樹・伊藤雅：シミュレーションを用いた震災時の緊急物資輸送計画に関する研究，土木計画学研究論文集（14），pp.353-360，1997.
- 4) M.D.HalldVan・Vlietec：SATURN-a simulation-assignment model for the evaluation of traffic management themes, Traffic Engineering & Control No.4, Dynamic Traffic Simulation 'TRANSIMS', Univ. of OXFORD Transport Studies Unit, 1980.
- 5) 中川大・伊藤雅・小出泰弘：公共交通と自動車交通を統合した都市内交通シミュレーションシステムの構築，土木情報システム論文集Vol.17,pp97-104，1998.
- 6) 山口耕平，青山吉隆，中川 大，松中亮治，西尾健司：ライフサイクル環境負荷を考慮したLRT整備の評価に関する研究，土木計画学研究・論文集Vol.18 No.4，pp.603-610，2001.
- 7) 中川 大，松中亮治，芦澤宗治，青山吉隆：都市内交通シミュレーションを用いたパッケージ施策の便益計測に関する研究，都市計画論文集No.36，pp.583-588，2001.
- 8) 日本総合研究所，道路投資の評価に関する指針検討委員会編：道路投資の評価に関する指針（案），1998
- 9) 岡山県：毎月勤労統計調査年報，http://www.pref.okayama.jp/kikaku/toukei/maikin_nen/index.html