

タイの道路ネットワーク形成過程と輸送体系の変化の分析*

Analysis on Transformation of Road Network and Change of Transport System in Thailand *

藤川 謙** 福田 敦*** 鈴木 宏典****

By Ken FUJIKAWA, Atsushi FUKUDA and Hironori SUZUKI

1. はじめに

筆者らはこれまでに、1960年代の無償援助および、その後の世界銀行などからの有償援助により、道路整備が進展してきたタイの道路網を対象とし、その整備効果が発生するまでに、長期間を要したことを指摘してきた¹⁾。

しかし、この時期に整備された道路は、今日のタイ経済を支える重要な基盤となっていることから、この長期間を要する交通施設整備効果の発生過程を明らかにすることは、今後の開発援助の在り方を論議する上で非常に重要であると思われる。

開発途上国においては、交通施設整備がその整備効果を発生させるまでには、まず、交通施設整備によって全国的なネットワークが形成され、それに伴い輸送体系が確立することによって流通機構が近代化してくる等、経済基盤が確立してくるまで待たなければならず、この過程においてかなりの期間を要していると考えられる。

そこで本研究では、タイの道路整備を対象として、この過程を段階的に分析し、開発途上国における経済基盤が、確立していく過程を明らかにすることを目的とする。

2. 道路整備の変遷

タイで、本格的に道路整備が進展することになったのは、20世紀後半以降のことであり、それまで陸上交通施設整備の中心は、鉄道整備に置かれており、道路は地方部から鉄道路線へのアクセスの確保のために整備が行われていた²⁾。

このような状況が変化してきたのは、第二次世界大戦以降アメリカを始めとする西側諸国にとって、ベトナムの近隣国であるタイが、戦略上非常に重要な位置を占めていたことにより、経済性の評価からは援助されがたい状態であった、タイ東北部の道路が無償援助によって整備されたことに始まる³⁾。

その後、世界銀行もタイにおける経済開発において、インフラ部門への投資が必要であるとし、1963年から道路整備に対し協力を始め、1974年からは、アジア開発銀行、OECFも協力を開始するなど、道路整備は急速に進展し、1991年において道路延長は、20万Kmを越え舗装率は約90%となっている。

タイにおける国道網を図-1に示す。

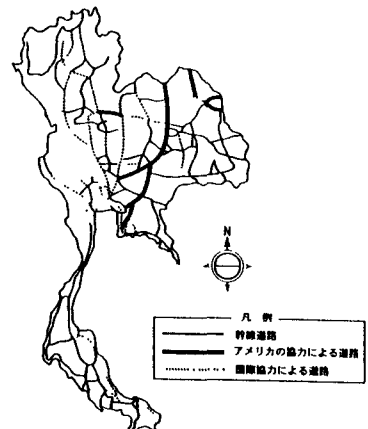


図-1 タイの国道網⁴⁾

*キーワード：発展途上国・ネットワーク・輸送体系

**正員 (株) 道路計画 技術部

(東京都新宿区荒木町7、TEL 03-3357-9220、
FAX 03-3357-9252)

***正員 工博 日本大学講師 理工学部交通土木工学科

(千葉県船橋市習志野台7-24-1、TEL 0474-69-5355、
FAX 0474-69-5355)

****学生員 日本大学大学院 理工学研究科

(千葉県船橋市習志野台7-24-1、TEL 0474-69-5355、
FAX 0474-69-5355)

3. ネットワークの評価

20世紀後半より進められた道路整備の進展に伴う、全国的な道路ネットワークの形成過程を分析する。まず、物理的な意味で道路ネットワークが形成された過程をグラフ理論を用いて分析する。また、機能的な意味で道路ネットワークが形成された過程を直線距離と最短距離の関係および、多次元尺度法を用いて分析する。

今回、分析を行うにあたり、各種の資料から復元された交通ネットワーク図の内、道路整備が始まってから、今日に至る過程として、1956、1968、1980年を対象年次とした。

交通ネットワーク図において、ノードは、各県庁所在地（全国73都市）とし、リンクは、道路に関しては全天候型道路、鉄道に関しては鉄道路線、水路に関しては、全天候型の水路とした。全天候型道路に限定した理由としては、その他の道路（Dry Season Road）では、雨季に通行不可能となり、また、水路においても、全天候型以外では乾季に水深が浅くなり、通行ができなくなるなど、交通ネットワークとしての機能を果たせないためである。

3-1. グラフ理論

グラフ理論では、ネットワークを構成する要素間の関係を数量的に示し、ここで用いた指標 α は、ネットワークの完成度を示すもので、 α が1（ここでは%で表わしたため100）に近づく程、つまり、ノード数に対して、リンク数が増加するほど、完全なネットワークとなることを示す。表-1にグラフ理論による分析結果を示す。

表-1の結果より次のことが言える。
道路の場合は、1968年において部分グラフは4となっているが、ノード数は、全国値にほぼ等しい70となっており、この時点において全国のノードが1つのネットワークとして結合し、物理的には全国的に道路ネットワークが形成されたと言える。しかし完成度 α は、14.81と1980年に比べてかなり低く、まだ整備の余地が多くあると推測される。また、1980年の完成度 α は、45.32と他の交通ネットワークと比較して、高い値を示しており、この時点において道路が交通体系の中心として確立したと推測される。

しかし、この時点においても、現在の α に比べかなり低く、まだ整備の余地があると推測される。

一方、鉄道は、1956年以降、現在までリンク数が1増加したに留まっており、ほとんど整備は進んでおらず、ノード数が現在においても全国値の約半数であり、残りのノードは鉄道に直接アクセスできない状態と、全国的なネットワークには程遠い状態である。

また水路は、地理的な条件により、タイ中央平原内にネットワークが限られているため、鉄道同様、全国的なネットワークにはなっていない。

以上の結果より、タイでは20世紀後半以降、道路中心の整備が行われ、道路を中心とする交通ネットワークが確立して行ったが、次に、 α の増加に伴い道路ネットワークは、機能的な意味でどのように形成してきたかを分析する。

3-2. 直線距離と最短距離の関係

まず、ノード間の直線距離と最短距離が、どの程度乖離しているかを見ることにより、道路ネットワークの機能的な意味での形成過程を分析する⁵⁾。

対象年次は、道路ネットワークが、物理的な意味において全国的に形成されたと推測される1968年と、その後の道路整備により大きく α の増加した1980年において比較する。比較対象地域に関しては、タイでは、一次産品の大半が地方からバンコク

表-1 グラフ理論によるネットワーク評価⁶⁾

項目	年度	ノード	リンク	部分グラフ	α
	t	v	e	p	$(e-v+p)/(2v-5)*100$
道路	1956	56	53	8	4.67
	1968	70	86	4	14.81
	1980	73	136	1	45.39
	1992	73	172	1	70.92
鉄道	1956	36	36	1	1.49
	1968	36	36	1	1.49
	1980	36	37	1	2.99
	1992	36	37	1	2.99
水路	1956	21	28	1	21.62
	1968	21	28	1	21.62
	1980	21	28	1	21.62
	1992	21	28	1	21.62

へ、また工業製品などはバンコクから地方へと輸送されており、物流の中心がバンコクとなっているため、今回バンコクと他のノード間において直線距離と最短距離の比較を行った。また、未舗装の道路は舗装された道路に対して、費用、時間ともに約2倍かかることより、未舗装の道路は距離を2倍として計算した⁷⁾。分析結果を図-2、3に示す。

結果より、次のことが言える。

まず、1968年から1980年の間に、回帰直線の傾きが1.59から1.35と小さくなり、バンコクと他のノード間における最短距離が全体的に短縮されていることから、 α 増加の要因であるリンク数の増加に伴い、全国的に道路ネットワークが密になってきていると推測される。

また、1968年には直線距離において、バンコクより約400kmの地点より、ばらつきが目立っていることから、バンコクを中心とする中心部においては、道路ネットワークが密であったが、地方部においては、道路ネットワークが粗であったと推測され、全国的に格差が生じていたと推測される。

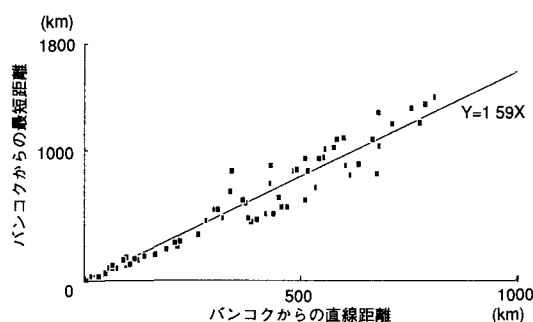


図-2 直線-最短距離相関図 (1968年)

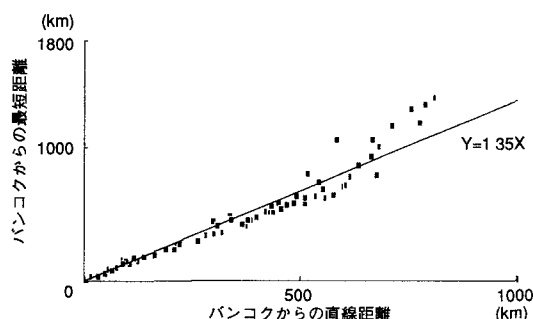


図-3 直線-最短距離相関図 (1980年)

しかし、1980年になるとバンコクより約700km内では、ほとんどばらつきのない状態となっている。またそれ以上の地域(南部地域)においては、地理的な条件によるばらつきであるため、この時期になって、機能的な意味において全国的にネットワークが形成されたと推測される。

3-3. 多次元尺度法

次に、多次元尺度法の一つであるクラスカル法を用い、対象ノード間の道路距離を損なわない形で、2次元上に各ノードを位置付け、相対的なノードの位置関係を示すことによって、道路ネットワークの機能的な意味における形成過程を分析する。また諸条件は、最短距離と直線距離の関係と同様である。分析結果を図-4に示す。

結果より次のことが言える。

まず、両年次ともバンコクを原点としたが、1968年においては、原点から離れた場所に位置するノードに比べ、原点付近に位置するノードの密度が高くなっており、この時点においては、道路整備に地域格差が生じていたと推測される。

しかし、1980年になると全国的にノードの密度の差が、ほとんど見られなくなっていることから、こ

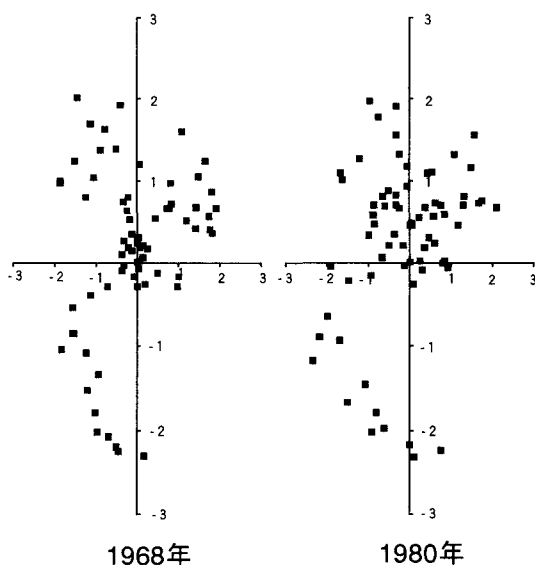


図-4 多次元尺度法によるノード付置図

の時点において、機能的な面において全国的なネットワークが形成されたと推測される。

以上の結果より、物理的には1968年において全国的な道路ネットワークが整備されたと推測されたが、 α が約15とネットワークの密度は低く、機能的な意味において、ネットワークが形成されたとと言えるのは、道路整備が進展し始めた1950年代から、約30年経過した1980年代に入ってから、 α に関しては、約50の時点で機能的な意味におけるネットワークが形成されたと推測された。

4. 輸送体系の変化

これまで、道路ネットワークの形成過程を述べてきたが、次に、20世紀後半から本格的に進められた道路整備によって、どのように輸送体系が変化し、現在の輸送体系が確立していったかを把握するため、トラックによる貨物の県間移動量を中心に、輸送体系の変化を計量的に分析する。

4-1. 分析方法

輸送体系の変化を見るために、3章と同様に1956、1968、1980年における県間のトラック輸送による貨物の県間移動量の変化を計量的に示すことによって、貨物輸送がどのように変化してきたかを分析する。

分析方法は、タイの主要産物で、比較的過去のデータが整っている米を対象とし、その手段別県間移動量を推計することとする。

まず、発、着ゾーンを各県（全国73県）とし、その移動量をそれぞれ米の需要・供給量とし、需要量は、県の人口⁸⁾と一人当りの米の消費量⁹⁾の積とし、供給量は米の生産量とした。またここで、タイでは米などは自家消費の割合が高いと考えられるため、自県の需要は、自県の供給で賄うことを前提とし、輸出分の米¹⁰⁾に関しては、タイの重要な輸出港のあるバンコクへ集積するものとした。また先にも述べたように、内々の移動量を推定するに当たっては、距離抵抗を0と考えて行った。

次に、米の発ゾーンから着ゾーンへの移動量は、分布移動量を示すデータが存在しないため、グラビティーモデルを用いて推計した。

ここでゾーン間の吸引の指標は費用とし、各県間の輸送手段をトラックおよび鉄道、船と限定し、また県間の距離は、各県庁所在地間とし、各年代ごとに手段別ネットワークを作成し、単位費用¹¹⁾などから各ゾーン間の最小輸送費用を求めた。

また、モデル内における、パラメータを推定するにあたっては、既存の分布移動量が存在しないため、繰り返し計算において収束条件の良いパラメータを各年代に適用した。

次に、各輸送手段の分担率の推計にあたっては、唯一入手の可能であった1968年における、ゾーン間の輸送手段の分担率¹²⁾を基に、説明変数を時間と費用とし、式（1）に示す集計ロジットモデルを推計した（サンプル数は9、重相関係数 r は、0.69）。このモデルを56年と80年に適用し、各年におけるゾーン間の手段別輸送量を推計した。

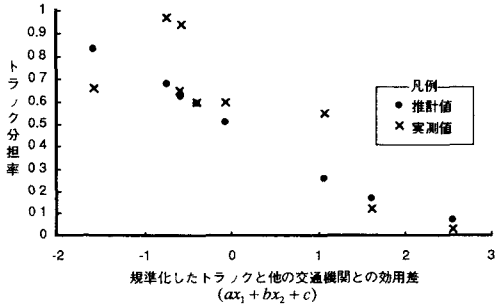
$$P_1 + P_2 = 1$$
$$P_1 = \frac{1}{1 + \exp(ax_1 + bx_2 + c)}$$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \dots (1)$$

$$a = 0.0008923$$
$$b = 0.2719988$$
$$c = 1.0417573$$

但し、

- P_1 ：トラック分担率
- P_2 ：トラック以外の分担率
- x_1 ：費用のサービスレベル
- x_2 ：時間のサービスレベル



図ー5 推計値・実測値比較図

また今回説明変数に用いた、時間、費用ともに56年から80年まで、多くの道路が新設あるいは未舗装から舗装道路へと改築されたことにより、経年的にトラック輸送によるゾーン間の時間と費用は短縮されている。図-5に推計値および実測値の分担率を示す。

4-2. 分析結果

現在タイの輸送体系の中心となっているトラック輸送によって、輸送される米の県間移動量を推計した結果を図6～8に示す。

全体を通して言えることは、先にも述べた様にバンコクが流通の中心となっていることである。

まず、1956年においては、物理的な意味において全国的に道路ネットワークはまだ、確立しておらず、また未舗装の道路が多数存在していたため、トラック輸送のサービスレベルは低く、その結果、トラック輸送が占める割合は、全貨物輸送量の41%に留まっていた。

次に、物理的な意味において全国的に道路ネット

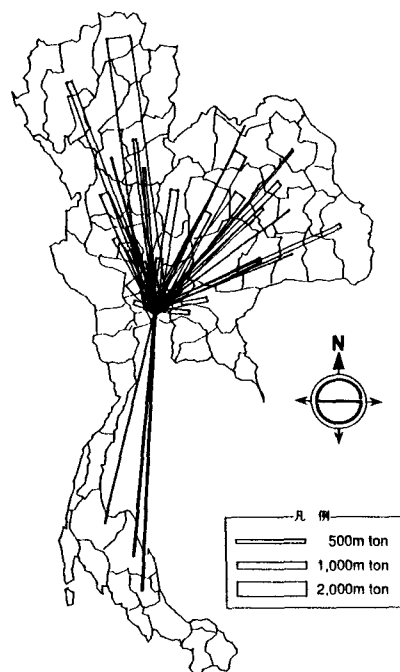


図-7 トラック輸送量推計図（1968年）

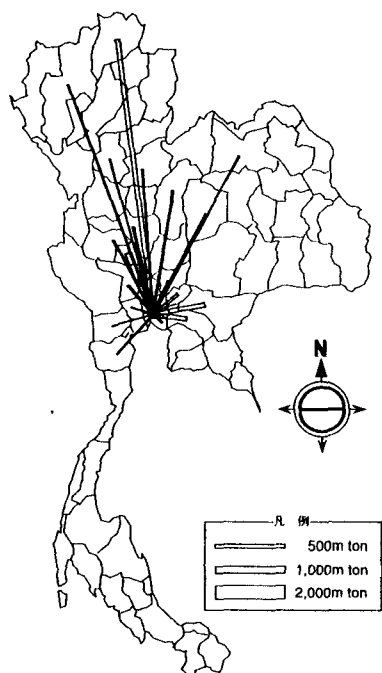


図-6 トラック輸送量推計図（1956年）

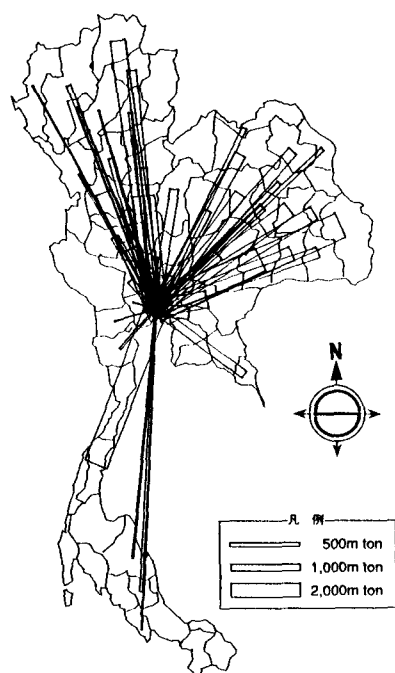


図-8 トラック輸送量推計図（1980年）

ワークが形成されたと推測される1968年においては、全国にトラックによって輸送可能となり、トラックのサービスレベルが向上し、その結果、トラック輸送が選択される割合は増加し、全体の73%を占めるに至っている。

そして、 α の大幅な増加に見られるように、機能的に全国的な道路ネットワークが形成されたと推測される1980年においては、道路距離の短縮などにより、輸送費用および輸送時間など、さらなるサービスレベルの向上に伴い、全体の90%がトラックによって輸送される結果となっており、近代のトラック輸送が占める貨物輸送量の割合（1988年において84%¹³⁾）とほぼ同値となっていることから、道路整備後、約30年経過したこの時点において、現在に近い輸送体系が確立したと推計される。

またここで、1968年から1980年において、トラックの輸送量が減少している地域が見受けられるが、これは、移動量の対象が米であるため、豊作、不作の影響によるものである。

このような、トラック輸送の急速な進展の理由としては、道路整備の進展の他、モータリゼーションの発展などが挙げられるが、一方で、他の輸送手段のサービスレベルの向上が、ほとんどなかったことが挙げられる。

最後に、今回推計したトラック輸送量であるが、資料によると^{14) 15)}、1960年におけるトラック輸送が占める割合は42%、1970年においては60%、1980年においては93%となっており、本研究における推計値とほぼ合致していると思われる。

5. 流通機構の変化

最後に、道路ネットワークの形成に伴って、流通機構がどのように変化してきたのかを、4章と同様にタイの主要産物である米を対象として、その流通機構の変化について整理する。

タイにおいて本格的な米の流通が生じたのは、19世紀後半からの鉄道路線の建設によるもので、鉄道の建設が進むにつれ、それまで、バンコクに集中していた精米所は、鉄道路線に沿って地方に分散していった。

図-9に20世紀初頭におけるタイの精米所の分布

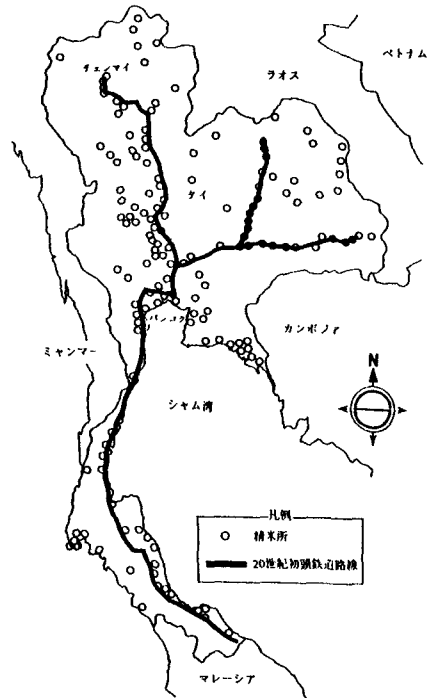


図-9 精米所立地図（20世紀初頭）¹⁶⁾

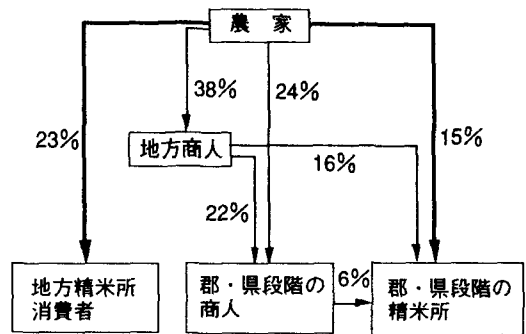


図-10 米の流通フロー（1964年）¹⁷⁾

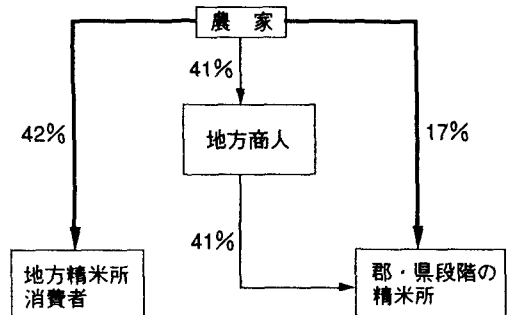


図-11 米の流通フロー（1983年）¹⁸⁾

図を示すが、これを見てわかるように、ほとんどが鉄道路線に沿って建設されており、またそれ以外は、ほとんどが河川および海に隣接している精米所である。

20世紀後半以降、本格的な道路整備が進展してくるにつれ、鉄道路線に平行する形で道路が整備されたことにより、鉄道およびトラック輸送の間に競争が生じ、結果としてサービスレベルの高いトラック輸送が選択をされ、鉄道輸送に変わって地方からバンコクへ米が輸送されていった。

資料¹²⁾によると、東北部地域の主要都市であるナコンラシャシマからバンコクへの、鉄道による米やチャコール等の輸送量は、1963年には198,000トンであったが、1968年には13,000トンと急激に減少している。

またトラック輸送により、農村から精米所へ直接輸送することが可能となった地域では、中間業者の介入は減少することとなった。農村から精米所における米の流通経路を図-10、11に示すが、1964年では、農家から直接精米所に輸送される米は、全体の38%であったが、全国的に道路ネットワークが整備され、トラック輸送を中心とする流通機構が近代化してきた1983年においては、約60%が直接輸送されており、道路整備の進展に伴い、全国的な交通ネットワークが整備され、流通機構が近代化してきていると推測される。

6. おわりに

今回道路整備後、全国的な道路ネットワークおよび輸送体系が確立してくるには、長期間を要したことを明らかにした。さらに、それに伴う流通機構の変化は、道路整備の進展に伴い近代化してきているが、1983年においては41%が中間業者の手に渡っており、流通機構が健全化し、輸送コストが削減されるなどの、経済効果が生じるには、さらなる期間を要すると推測された。

この様に、全国的な交通ネットワークが整備されておらず、流通機構が近代化していない地域においては、交通施設整備後、経済効果が発生するまでには長期間を要することが推測されるため、交通施設整備に対して無償援助あるいは、有償援助の償還期

間を現在よりも長くするなどの必要性があると思われる。

今後の課題としては、開発途上国における施設整備効果のさらなる特徴を明らかにするために、流通機構の変化をさらに検証し、健全な経済市場が確立された時期を推計していく必要がある。

また、米以外において輸送体系の変化、および流通機構の変化を検証していくことが必要であると思われる。

参考文献

- 1) 藤川・福田：「タイにおける道路整備の歴史の変遷とその社会経済評価」，土木史研究NO14，土木学会，pp.139～pp.148，1994．および、飯塚・福田：「タイ東北部での道路整備効果の付加価値による計測」，平成5年度日本大学理工学部卒業論文概要集，pp.51～52，1994．など。
- 2) A Pictorial Record of the Fifth Reign, River Books Co.Ltd. , p.106, 1992 .
- 3) 矢野暢：東南アジアの国際関係，弘文堂，pp.126～138，1991.
- 4) 秋口守国：タイ，道路協会，P.25，図-1に著者加筆，
- 5) 腰塚武志他：道路距離と直線距離，第18回日本都市計画学会学術研究発表会論文集，pp.43～48，1983年，
- 6) 【1956年】 Thailand Survey Dept. Bangkok, 1953-1959.
【1968年】 P.J.Rimmer：TRANSPORT IN THAILAND:THE RAILWAY DECISION, The Australian National University, pp.30～31, 1971.
【1980年】 Thailand Royal Thai Survey Dept. Bangkok, 1983-1987.
【1992年】 Samukki-sans Co., Ltd：Thailand Highway Map, 1992.
- 7) Wilburs.A.：Thailand Transportation Coordination Study, Office of Capital Development USOM, pp.177～272, 1970.
- 8) Statistical Yearbook Thailand, National Statistical Office of the Prime minister, 1963～1990.
- 9) 亀谷きよし：米輸出大国・タイ米産業の光と影，富民協会，p.36, 1991.
- 10) 前掲9) 。

- 11) Thammasat University : Faculty of Economics. An economic analysis of truck transportation by Chanwat Corasopontaviporn, pp110~134, State Railway of Thailand : Information booklet 19, pp.12~14、および Lyon Associates, Inc : Thailand Transportation Coordination Study, p.277, 1970. などによる。
- 12) P.J.Rimmer : TRANSPORT IN THAILAND:THE RAILWAY DECISION, The Australian National University, p.108, 1971.
- 13) 国際協力事業団：タイ国地方道路計画事前調査報告書，社会開発調査報告書，pp.17~18，1988.
- 14) 前掲8)，p.122.
- 15) 近藤秀明：タイの交通政策，交通工学Vol. 19, p.66, 1984.
- 16) 長谷川喜彦：タイの米穀事情，アジア経済研究所，p.291, 1962.
- 17) 北原淳他：タイーその国土と市場ー，科学新聞社出版局，p.307, 1977，に著者加筆.
- 18) 松田藤四郎他：タイ稲作の経済構造，農林統計所，p.247, 1991，に著者加筆.

タイの道路ネットワーク形成過程と輸送体系の変化の分析

藤川 謙 福田 敦 鈴木 宏典

本研究では、開発途上国において交通施設整備効果が発生するまでに長期間を要する理由として、効果が顕在化してくるまでには、経済基盤の確立が必要であると考え、この経済基盤の確立に至るまでの過程をタイの道路網を対象に段階的に検証する。

まず、タイにおける道路整備の変遷を述べ、それに伴うネットワークの形成過程を、グラフ理論、最短距離と道路距離の関係、多次元尺度法により分析する。また、このネットワークの形成に伴う輸送体系の変化を計量的に示し、最後に流通機構の変化を整理し、今後の開発援助の在り方について考察を行う。

Analysis on Transformation of Road Network and Change of Transport System in Thailand

Ken FUJIKAWA, Atsushi FUKUDA and Hironori SUZUKI

In developing countries, the transport system used to be fragile so that the economical impact of road network development has not been revealed until it transforms to be adapted for the road network.

This paper investigated this transforming process on the transportation system in Thailand according to construction of national highway that was started under the support of U.S. during the Vietnam war. On the first part, the formation of the road network was analyzed by the graph theory and the ration of the shortest distance to the actual distance and the multi dimensional scaling in 1956, 1968 and 1980. On the second part, the change of transport system was indicated by estimating the amount of the crop transport by gravity model. Finally, the change of distribution system was expressed, and the key factor of development aid was discussed.
