

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 5月27日現在

機関番号：14501
研究種目：挑戦的萌芽研究
研究期間：2011～2012
課題番号：23656319
研究課題名（和文） 交通ネットワークと情報ネットワークの相互作用とダイナミクス
研究課題名（英文） Interactions and Dynamics of Transport Networks and Information Networks
研究代表者 井料 隆雅（IRYO TAKAMASA） 神戸大学・大学院工学研究科・教授 研究者番号：10362758

## 研究成果の概要（和文）：

交通行動を決定する際に重要な要因は「利用者が選択肢に対して持つ情報」である。情報ネットワーク上の情報伝搬と交通行動の相互作用をモデル化し分析することにより、情報が交通行動に与える影響を数理的に知ることが可能になる。本研究では主にマクロ的数理モデルを用いてこの相互作用によるダイナミクスを分析した。SIR/SIS モデルを応用した解析的アプローチを提示しダイナミクスの特性示すとともに、応用例として避難行動の分析を行った。

## 研究成果の概要（英文）：

One of the most influential factors on transport behaviour is information. This study modelled interactions between information spreading in an information network and transport behaviour to reveal the effect of information on travel behaviour. A macroscopic model to describe the dynamics is proposed. An analytical methodology for the SIR/SIS model is applied to analyse the model. An application to evacuation behaviour is proposed.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,000,000	600,000	2,600,000

## 研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学，土木計画学・交通工学

キーワード：交通ネットワーク，情報ネットワーク，交通行動，避難行動

## 1. 研究開始当初の背景

目的地選択，交通機関選択，経路・出発時刻選択などの交通行動を決定する際に重要な要因は「利用者が選択肢に対して持つ情報」である。交通行動は各選択肢に対する情報に依存して決定される。情報を得るにはなんらかの情報源に接する必要がある。反復される交通行動ならば過去の経験がそのまま有力な情報源になる。しかし，例えば観光交通のように反復性が弱い交通（Non-recurrent Trip）では，利用者がどのように情報を集めるかを明示的に考える必要がある。

行動決定のために情報を集める行動は Information Search Behavior として知られる。

ただし，これらの研究では個々人の行動原理の記述が主で，情報が社会を行き来する構造，（情報ネットワーク）については重視されていない。交通行動では，交通行動そのものが「情報ネットワーク」を形成することがある。たとえば街を歩き回って目的地を探す行動は「交通ネットワーク」と「情報ネットワーク」が同じ幾何構造を持つ例といえよう。知人から情報を入手するときも，知人は空間的に近い人であることが多い。このように，交通と情報の関係を社会システム全体でとらえる場合には，「交通ネットワーク」と「情報ネットワーク」の関係を知ることが重要となる。

## 2. 研究の目的

本研究では交通ネットワークと情報ネットワークを「交通・情報ネットワーク」として一体化し、各ネットワークの相互作用の構造を定式化する。「交通ネットワーク」を流れるヒトと「情報ネットワーク」を流れる情報が相互作用するダイナミクスを示し、情報が交通・情報ネットワーク上でどのように伝搬するか、それが交通行動にどのような影響を及ぼすかを明らかにする。

## 3. 研究の方法と結果

本研究ではもっぱら理論的手法を用いる。交通・情報ネットワークのうち、情報ネットワークをその特徴に応じて4種類「内生型」「集中型」「分散型」「空間依存型」に分類し、それぞれを数理的に定式化する。定式化した各要素を結合しその特性を動的に分析する。本研究では、特に動学的特性の解析的分析可能性を担保したままモデル化するために、マクロ的アプローチを主に用いた。そのほか、特に情報ネットワークの構造がもたらす影響を知ることを目的に、情報ネットワークの構造の違いがもたらさうるマクロモデルの挙動の差異についても分析している。

### (1) マクロ的アプローチによる定式化

交通と情報の関係をマクロ的にモデル化し、そのあいだの動的な相互作用を常微分方程式に定式化することにより、交通ネットワークと情報ネットワークの相互作用とダイナミクスを記述する。ここでいう「マクロ的」とは、複数の交通主体をおのおのがもつ特性や情報量にあわせて1つの状態として扱い、各状態に存在する人口数をモデルで記述するモデルを指す。たとえば、2つの目的地A、Bが存在し、 $N$ 人の人について、これらの目的地に関する情報を正しく持っているか、あるいは全く持っていないか、の2つの状態が定義できると考える。このような状況をモデル化する場合には、マクロ的な取り扱いでは、

- A、Bいずれの情報も知らない人： $n_X(t)$
- Aについての情報のみ持つ人： $n_A(t)$
- Bについての情報のみ持つ人： $n_B(t)$
- 両方についての情報を持つ人： $n_{AB}(t)$

と関数を定義する。そして、情報の伝搬に従ってこれらの状態間で発生する人口の移動を、時間を変数とする常微分方程式を記述することにより、システムの挙動を記述する。このようなシステムの記述方法はシステムダイナミクスにおける考え方と同等であるが、それ以外の分野でも、ゲーム理論におけるPopulation Game、あるいは感染症の伝染ダイナミクスの記述など多くの分野で類似のシステムの記述法が用いられており、ダイナミクスの解析には、これらの研究分野での知見や方法論を応用可能である。

複数の交通主体をおのおのがもつ特性や状態に応じてどのようにカテゴライズし、それらの間の人口移動をどう記述するかは、情報ネットワークの特性がどのようなものであるかに依存する。本研究では、情報ネットワークを「内生型」「集中型」「分散型」「空間依存型」の4つに区分し、それぞれについてどのようなカテゴライズおよび人口移動の定式化を用いるべきかを示した。

「内生型」は、自身の過去の経験を情報源とする情報伝搬を意味する。内生型は他者の情報を利用しないので、これによって他の状態への人口移動は起きえない。「集中型」は、すべての主体に外部から一様に情報が与えられるさまを示す。集中型の情報伝搬は、情報がない状態からある状態への人口移動について外力項として付加される形で定式化できる。「分散型」は、たとえばロコミのように、ある交通主体と他の交通主体のあいだで情報ネットワークを介して発生する情報伝搬を指す。このタイプによる情報伝搬の速度は、情報提供元の状態（情報がある状態）の人口に依存（たとえば比例）すると考えることができる。「空間依存型」は、情報の伝搬速度が交通主体の存在する場所に依存するタイプの情報伝搬である。このタイプの情報伝搬は、交通主体の存在する場所に依って状態を分割することにより表現する。図1a～cに、集中・分散・空間依存型の記述法を状態遷移のダイアグラム（状態遷移図）として示す。これらの図中では、○が状態、○の中の数値が状態の人口を示す。また、移行レートは、移行元の単位人口数あたり単位時間あたりの移行先への移行量である。

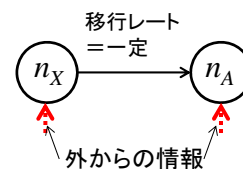


図1a 「集中型」情報伝搬の状態遷移図の例

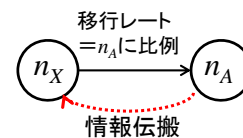


図1b 「分散型」情報伝搬の状態遷移図の例

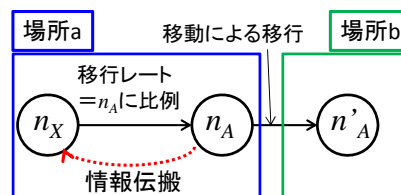
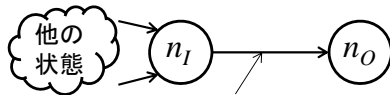


図1c 「空間依存型」情報伝搬の状態遷移図（分散型との組み合わせの例）



移行量 =  $\min[n_I \text{への流入量}, \text{ボトルネック容量}]$

図2 交通混雑の状態遷移図での記述法

交通ネットワーク上での交通主体の行動がシステム全体に及ぼす効果は、図1cのように異なる場所にいる交通主体を異なる状態に属させることにより表現させる。交通ネットワーク上での混雑現象については、ボトルネックモデルによって表す。これについても、図2のように状態およびその間の遷移の形で表現することが可能である。

### (2) ダイナミクスの定式化

(1) で示された状態遷移図に従って常微分方程式を記述することにより、交通ネットワークと情報ネットワークのダイナミクスを記述する。常微分方程式は、原則、各状態について、その状態へ入る矢印とその状態から出る矢印に着目することにより構成する。その基本形は

$$\dot{n}_k(t) = \sum_{i \in I} f_{ik}(\mathbf{n}) n_i(t) - n_k(t) \sum_{j \in O} f_{kj}(\mathbf{n}) \quad (1)$$

である。ここで、 $k$ が着目している状態、 $I$ は $k$ の上流側の状態の集合、 $O$ は $k$ の下流側の集合、 $f_{ik}(\mathbf{n})$ は状態 $i$ から $k$ への移行レートであり、システム内の各状態の人口を示すベクトル $\mathbf{n}$ に依存するとしている。式(1)をすべての状態について連立することにより常微分方程式系を完成させる。

### (3) 常微分方程式の解析

(2) で定式化された常微分方程式を初期値問題として解く。これにより、考えている系において、情報がどのように交通主体に伝搬していき、その結果交通主体がどのような行動を行うかを分析することが可能となる。

解法としてもっとも単純な方法は数値計算である。常微分方程式の初期値問題を数値的に解くことは一般に容易である。特に、本研究で定式化している系では各状態の人口の和は交通主体の総数に常に等しく、なおかつ各状態の人口は負数にならないため、よほど強力な非線形形式を関数 $f_{ik}(t)$ に導入しない限り移行レートが発散することはないため、安定した数値解を常に得ることが期待できる。

いっぽう、考えている系が、その中に含むパラメータによってどのように振る舞いを変えるかを一般的に知るためには、できれば解析的なアプローチによる分析を行うことが好ましい。ただし、式(1)を連立して得られる常微分方程式系は通常は非線形方程式となるため、それを解析的に解くことは一般

には不可能であり、個別の定式化において限定的に適用可能な方法を考案するか、あるいは適切な近似によって分析方法がわかっている典型的な系へ帰着させるしかない。

本研究では、式(1)を解析的に分析する際に有用と思われる典型的な系として、感染症の伝搬の数理モデルであるSIRモデルおよびSISモデルを応用し、それらの特性を解析する手法をレビューし、それを適宜拡張することを行った。この結果は、当然ながらすべての系を解析的に説明できるわけではないが、適切な近似等をへて定性的な解析を行う際に有用な情報となることは期待できる。なお、以降では、SIR、SISモデルを本研究の定式化に沿って拡張したものをそれぞれSIR-likeモデル、SIS-likeモデルと称する。

SIR-likeモデルの状態遷移図は図3で示される。状態はS、I、およびRの3つである。感染症の伝搬モデルでは、Sは「感染感受性がある人口」、Iは「感染し、感染力を保持する人口」、Rは「免疫を得た人口(死亡者も含む)」とされる。本研究では、これらを、たとえば、Sは「情報を持たない状態」、Iは「情報を持つ集団」、Rは「移動により情報伝搬力を失った集団」と対応させることができる。オリジナルのSIRモデルとの際は外からの情報による外力の有無である。

SIR-likeモデルを記述する常微分方程式系は

$$\begin{aligned} \dot{n}_S(t) &= -n_S(t) \{ \alpha n_I(t) + \beta \} \\ \dot{n}_I(t) &= n_S(t) \{ \alpha n_I(t) + \beta \} - \gamma n_I(t) \\ \dot{n}_R(t) &= \gamma n_I(t) \end{aligned} \quad (2)$$

となる。ここで、 $\alpha, \beta, \gamma$ は、それぞれ、状態IからSへの分散型による情報伝搬のレート、状態Sへの集中型による情報伝搬のレート、SからRへの移動のレートを示す定数である。 $\dot{n}_S(t)$ 、 $\dot{n}_I(t)$ 、 $\dot{n}_R(t)$ の合計は0になることに注意したい(これは、系内の交通主体の総数が保存されることに対応する)。

SIR-likeモデルは、 $\beta = 0$ にすることによりSIRモデルと同型となる。SIRモデルの挙動についてはすでによく知られている[1]。たとえば、初期値として $n_I(0)$ に正の微小量、 $n_S(0) \sim N$ を考えたとき、 $\alpha N - \gamma > 0$ が感染症の拡大のための条件であること、 $\alpha N - \gamma$ が大きいほど感染症が広く拡大することが知られている。

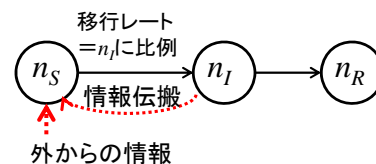


図3 SIR-likeモデルの状態遷移図

SIR-likeモデルの挙動を解析するために、



上記の知見を  $\beta > 0$  の場合に応用する．式(2)の第2式を変形すると

$$\dot{n}_i(t) = n_i(t) \{ \alpha n_s(t) - \gamma \} + \beta n_s(t) \quad (3)$$

とできる． $n_s(t)$  を定数 ( $n_s$ ) とみなして常微分方程式の一般解を求めれば、

$$n_i(t) = C e^{\rho(n_s)t} - \frac{\beta n_s}{\rho(n_s)} \quad (4)$$

となる．ただし、 $\rho(n_s) = \alpha n_s - \gamma \neq 0$  で、 $C$  は定数である．これを基に  $n_i(0)=0$  を初期値とした際の解を解くと、

$$n_i(t) = \frac{\beta N}{\rho} (e^{\rho t} - 1) \quad (5)$$

となる (ここで  $\rho = \rho(N)$  とした)．さらに(5)を  $t=0$  で2次までテイラー展開すれば

$$n_i(t); \beta N(t + 0.5 \rho t^2) \quad (6)$$

を得る．式(6)は

- $\beta$  の大小が  $t=0$  に近いときの初期の挙動を決定する．
- $\rho$  が正であれば、 $t$  が大きくなるにつれて  $n_i$  の増加は加速される．負であれば減速される．

ことを意味する．この分析結果は、初期状態で情報を得ている交通主体が皆無である場合は、初期の伝搬速度は外部からの情報の流入 (集中型の情報伝搬) の度合いを示すパラメータ  $\beta$  に依存する一方で、それ以降の伝搬速度は内部での情報のやりとり (分散型の情報伝搬) と、移動による情報伝搬力の消失の双方の度合いを含むパラメータ  $\rho$  によって決まることを意味している．また、 $\rho$  が正の場合は、時間が経つにつれて分散型の情報伝搬が卓越する一方で、負の場合は、分散型の情報伝搬は卓越せず、時間の経過とともに情報伝搬の速度は下落することも示唆される．なお、 $\beta > 0$  であれば、無限の時間が経過すれば必ず交通主体全員が状態 R に到達することに注意したい．これは SIR-like モデルとオリジナルの SIR モデルの重要な差異である．

SIS-like モデルの状態遷移図は図4で示される．常微分方程式系は

$$\begin{aligned} \dot{n}_s(t) &= -n_s(t) \{ \alpha n_i(t) + \beta \} + \gamma n_i \\ \dot{n}_i(t) &= n_s(t) \{ \alpha n_i(t) + \beta \} - \gamma n_i(t) \end{aligned} \quad (7)$$

である．SIR-like モデルと同様に、 $\beta = 0$  でオリジナルの SIS モデルと同型になる．SIR-like モデルと SIS-like モデルの主要な差異は、状態遷移が一方方向であるか双方向であるかである．SIS-like モデルでは、何らかの理由によって (たとえば、情報をいったん得た交通主体がそれを忘れるなど) 状態の遷移が可逆になる状況を記述できる．

オリジナルの SIS モデルの挙動の特徴も SIR モデルと同様にすでによく知られている

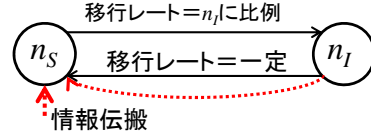


図4 SIS-like モデルの状態遷移図

[1]. 重要な知見は、感染症の拡大の条件は SIR モデルと同じ条件式で示せることと、式(7)の ( $\beta = 0$  としたときの) 解はロジスティック曲線になることである．

$n_i(0)=0$  とおいたときの、SIS-like モデルの初期の挙動は SIR-like モデルと同様となる．これは、 $n_s(0) \sim N$  としたときの近似的な微分方程式は SIR-like モデルも SIS-like モデルも同等であることによる．

SIS-like モデルは SIR-like モデルと異なり状態の遷移が双方向であるため、系が最終的にどのような状態に落ち着くかについては SIR-like モデルのように自明ではない．ある均衡点に収束する場合、それは

$$\begin{aligned} n_s^* \{ \alpha n_i^* + \beta \} &= \gamma n_i^* \\ n_s^* + n_i^* &= N \end{aligned} \quad (8)$$

から計算できる．式(8)の根は

$$n_i^* = \begin{cases} \frac{\sqrt{(\rho - \beta)^2 + 4\alpha\beta N} + \rho - \beta}{2\alpha} \\ \frac{-\sqrt{(\rho - \beta)^2 + 4\alpha\beta N} - \rho + \beta}{2\alpha} \end{cases} \quad (9)$$

である．これらの根のうち実現するのは、0 から  $N$  までの値にあるもののうち、安定性の条件を満たすものである．均衡点  $n_i^*$  の安定条件は、均衡点からの摂動を式(7)に加えて摂動が減衰する条件を出すことにより、

$$n_i^* > \frac{\rho - \beta}{2\alpha} \quad (10)$$

となる．

#### (4) 情報ネットワーク構造の効果

情報ネットワークの構造が (1) および (2) で示したマクロ的分析にもたらす影響を分析した．マクロ的分析ですでに交通主体を集散的に扱っていることにかんがみ、情報ネットワーク構造の分析においても、ネットワークの集計量とマクロ的挙動 (特に、分散型情報伝搬に対する影響) の関係についてもつばら分析を行った．集計量として考慮したものは、ノードの次数分布とノード間の平均距離である．

本研究では、情報ネットワークを「交通主体間の情報伝搬経路」と定義した．情報ネットワーク上では、ノードは各交通主体を、リンクは情報伝搬経路を示す．リンクの片方が

情報を持ち、もう一方が情報を持たない場合、単位時間あたり一定の確率で情報を持たない交通主体が情報を得ると考える。情報伝搬経路の質の差は本研究では考慮しない。

情報ネットワークにおけるノードの次数分布は、ある交通主体が他の交通主体から情報を取得できる頻度を規定する。もし、ノード分布がスケールフリー性を持たない場合には、交通主体の数が十分多ければ、平均的な交通主体が単位時間あたりに情報を得る確率は、情報を有している交通主体の割合に、平均的な次数を乗じたものに、さらに情報を持つ1人のネットワーク上の隣人から単位時間あたりに情報を得る確率を乗じたものとなる。この考え方をうければ、たとえば、

- 平均次数： $\bar{n}$
  - 単位時間あたりの情報取得確率： $\bar{\alpha}$
- とおいたときのSIR-likeモデルのダイナミクスを記述する常微分方程式は、式(2)において

$$\alpha = \frac{\bar{\alpha}\bar{n}}{N} \quad (11)$$

の置き換えをすることにより得られる(式(2)では $\alpha$ は常に $n_i(t)$ の積で出現していることに注意。 $n_i(t)/N$ が情報を有している交通主体の割合に相当する)。ここで注意したいのは、 $\alpha$ は全体の人口サイズに反比例する数字であるということである。このことは、式(2)の例を異なる人口サイズで分析するときには、 $\alpha$ は一定ではなく人口サイズの増減に応じて変更する(たとえば、倍の人口になれば1/2にする)必要があることを意味する。

ノード分布がスケールフリー性を持つ場合には前述のような平均場的な考え方をを用いることは適切ではない。なぜなら、スケールフリー性を持つネットワークでは、次数分布に「平均的」という概念を持ち込むことができないからである。スケールフリー性がある場合にもっとも考慮しなくてはならない事象は、ハブとなるごく少数の交通主体の状態遷移が、ほかの交通主体の挙動に大きく影響を与えることである。このような状況をマクロモデルでモデル化するには、少数の交通主体の変動が系全体の振る舞いを変えることを表現するために強い非線形性のある関数(たとえば階段関数)を式(1)の $f$ として導入することになる。これは結果として常微分方程式の解の挙動を不安定化させる。

情報ネットワークにおけるノード間の平均距離が長い場合、情報が情報ネットワーク上のすべてに行き渡るまでに相当の時間がかかり、結果としてこの時間が情報伝搬速度を律速することが予想される。また、交通主体が移動により情報ネットワークから欠落した場合の結合性が担保されない(あるいは、欠落により平均距離がさらに伸びる)ことも予想できる。以上の要因により、ノード間の

平均距離が長い場合は、式(11)による計算では $\alpha$ を過大推計してしまうことが予想できる。 $\bar{\alpha}$ をリンク1本あたりの情報伝搬速度と考えれば、平均距離だけ情報が伝搬する時間は $\bar{d}/\bar{\alpha}$ と見積もれる。ダイナミクスを分析した結果、この時間よりも早く情報が伝搬した場合、情報ネットワーク上の位置の差異を、状態の数を増やすことによって明示的に示すことを考慮すべきである。

#### (5) ケーススタディ

ケーススタディとしては災害等のハザードからの避難行動を選定した。避難行動は典型的な Non-recurrent Trip である。避難行動の研究は主に過去の災害やハザードマップなどで示されるような想定災害シナリオを基になされてきた。しかし、2011年3月の東日本大震災は、想定できる範囲で綿密に対策を立案することが想定外の災害に対して必ずしも有効ではないことを示した。また、これに続く原子力災害では、不可視なハザードに対する不安を原因としたと思われる、これまでにない避難行動が発生している[3]。都市地域に対する想定外の災害に対して発生しうる避難行動を事前に包括的に検討するには、綿密なプランに加えて、本研究で示すような解析的な扱いの容易なモデルによる包括的な検討を事前に加えておくことが望ましい。

避難行動を示す状態遷移図を図5に示す。各記号の持つ意味は表1に示した。状態遷移図を構築する際に置かれた主要な仮定は

1. 災害の情報は「直接見た情報」と「他人から聞いた情報」の2つの種類に分けられるとする。
2. 情報を持っている交通主体は、情報に応じたレートで避難する。
3. 避難した交通主体は、避難前の交通主体へ情報を提供できない。

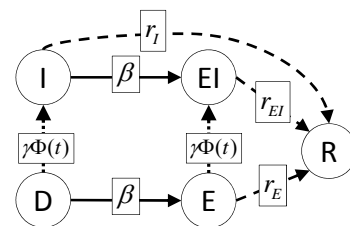


図5 避難行動の状態遷移図

表1 避難者が属するグループ

状態	体感済みか	他人から聞いたか
D	×	×
I	×	○
E	○	×
EI	○	○
R	(すでに避難を完了した人)	

である。過去の各種の災害における避難行動の実証研究をレビューした結果（たとえば[2]など）、避難を促進する要因として主要なものは、隣人など身近な情報源による情報と、実際に災害を体感（目視等）することの2つであることがわかった。この知見を基に仮定1を設定した。仮定3は通信手段が十分使用できないことを想定した上で設定した。

図5に示す状態遷移図に対応する常微分方程式系は、その解析解を求めることが困難であるが、 $r_I, r_E, r_{EI}$ がすべて $r$ に等しければ

$$\begin{aligned} \dot{n}_D(t) &= -n_D(t)(\gamma\Phi(t) + \beta) \\ \dot{\Phi}(t) &= \Phi(t)(\gamma n_D(t) - r) + \beta n_D(t) \\ \dot{n}_R(t) &= r\Phi(t) \end{aligned} \quad (12)$$

となる。これは SIR-like モデルと同型である。

初期状態を  $n_D(0) = N$  とした数値計算例を図 6a~6c に示す。  $\beta$  を小さくすれば避難開始時刻が遅くなり、  $\gamma$  を小さくすれば避難者の増加のペースが遅くなるのがわかる。これは、(2)で行った理論的予測と一致する結果である。なお、この結果を福島第一原子力発電所の事故を原因とする福島県いわき市からの避難行動のデータ[3]と比較すると、図6のケースのうち(b)が比較的近い挙動を示していることが確認できる。

#### 4. 研究成果

本研究課題では、交通・情報ネットワークをマクロモデルとして定式化する方法と、その解析方法を提案した。提案方法のケーススタディとして避難行動の分析を用い、原子力災害からの避難行動データと比較した。本研究課題の成果は、避難行動をはじめとして交通主体の持つ情報が問題となる Non-recurrent Trip の解析に応用できることが期待できる。

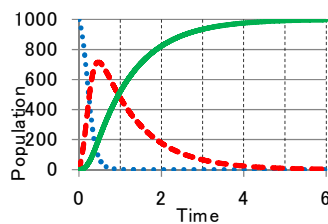


図 6a 避難モデルの計算例( $\gamma = 0.01, \beta = 1$ )

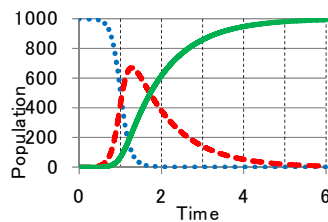


図 6b 避難モデルの計算例 ( $\gamma = 0.01, \beta = 0.001$ )

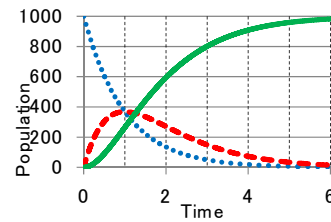


図 6c 避難モデルの計算例( $\gamma = 0.00001, \beta = 1$ )

(本報告中での参考文献)

- [1] 稲葉(2002),数理人口学,東大出版.
- [2] 片田他(2001),東海豪雨災害における住民の情報取得と避難行動に関する研究,河川技術論文集(7), 155-160.
- [3] (5. の学会発表 2)

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- 1. Iryo, T., Yamabe, K., & Asakura, Y. (2012). Dynamics of Information Generation and Transmissions through a Social Network in Non-Recurrent Transport Behaviour. *Transportation Research Part C*, 236–251.

[学会発表] (計 3 件)

- 1. Iryo, T. and Ishihara, K. (2011). Empirical study on information search behavior in a social network for destination choices. *Behavior in Networks (BiNs) Workshop*, Seoul, Korea. 2011.6.17
- 2. 井料隆雅, 自主避難—ダイナミクス・問題・対策, 東日本大震災ビッグデータワークショップ発表会, 2012/10/28, 東京大学.
- 3. 井料隆雅, 辻本晋吾, 天野和信, 避難タイミング決定行動の数理モデルとその検証, 平成 24 年度 土木学会重点研究課題 シンポジウム「東日本大震災を踏まえた防災計画研究の検証と今後の研究課題」, 2012/3/29, 土木学会.

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

井料 隆雅 (IRYO TAKAMASA)  
神戸大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号：10362758

##### (2) 研究分担者

朝倉 康夫 (ASAKURA YASUO)  
東京工業大学・大学院理工学研究科・教授  
研究者番号：80144319