



RIETI Discussion Paper Series 13-J-045

防災インフラ整備における動学的不整合の定量分析： 陸前高田市防潮堤整備を例として

河野 達仁
東北大学

北村 直樹
東北大学

山崎 清
株式会社 価値総合研究所

岩上 一騎
株式会社 価値総合研究所



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所
<http://www.rieti.go.jp/jp/>

防災インフラ整備における動学的不整合の定量分析：

陸前高田市防潮堤整備を例として

河野達仁(東北大学)

北村直樹(東北大学)

山崎清(株式会社 価値総合研究所)

岩上一騎(株式会社 価値総合研究所)

要 旨

費用便益分析は無駄な公共事業を行うといった政府の失敗を避けるために有効な手段と考えられている。しかし、費用便益分析の義務化で、住民が費用便益分析に基づく公共投資政策を期待することになると、動学的不整合問題が生じる可能性がある。これは、費用便益分析では住民の行動（顕示選好）に基づき評価を行うため、費用便益分析により最適と判断される政策が住民の行動前後で異なる不整合があるためである。本研究では、岩手県陸前高田市の防潮堤整備政策を例にとり、費用便益分析の義務化による動学的不整合問題のメカニズムを示すとともに動学的不整合問題の社会厚生への影響を定量的に考察する。

Key Words: 動学的（時間）不整合問題，費用便益分析，公共投資

JEL classification: R54, R14, R53

RIETI ディスカッション・ペーパーは、専門論文の形式でまとめられた研究成果を公開し、活発な議論を喚起することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、(独) 経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

謝辞：本稿は(独) 経済産業研究所におけるプロジェクト「東日本大震災に学ぶ頑健な地域経済の構築に関する研究」(代表：奥村誠教授)の成果の一部である。研究所における研究発表会において小田圭一郎氏、金子実氏、中島厚志氏、浜口伸明先生、藤田昌久先生、森川正之氏、山城宗久氏から有益なコメントをいただいた。ここに記して感謝する。

河野達仁(東北大学大学院情報科学研究科教授) E-mail:kono@plan.civil.tohoku.ac.jp

北村直樹(東北大学大学院情報科学研究科博士課程前期) E-mail:kitamura@se.is.tohoku.ac.jp

山崎清(株式会社 価値総合研究所) E-mail:kiyoshi_yamasaki@vmi.co.jp

岩上一騎(株式会社 価値総合研究所) E-mail:kazuki_iwakami@vmi.co.jp

1. はじめに

近年、日本では公共投資政策に対して費用便益分析が義務づけられるようになり、事業種類別に費用便益分析マニュアルも整備されてきた。費用便益分析は便益が費用を上回るプロジェクトのみを採択するというものであり、無駄な公共事業という政府の失敗を避けるために大変有効な手段と考えられている。しかし、費用便益分析の義務化により住民が費用便益分析に基づく公共投資政策を期待して戦略的に行動することで、最善の社会厚生が達成できない問題、いわゆる動学的不整合問題¹が生じる可能性がある。

その問題の一例として、Kyndland and Prescott (1977) が例示した「安い地価を背景に、洪水が起こる危険性のある地区に多くの人に移住したために堤防建設が行われる問題」を想定できる。この場合、堤防が建設されることを期待して多くの人に移住してくると費用のかかる堤防建設が行われ、最善の社会厚生を達成できない。この移住の形態としては、住民各々の判断で行われる場合もあればデベロッパーが介在し多くの住民がまとまって移住する場合も想定できる。ここで、費用便益分析の義務化は、住民の堤防建設に関する期待を下支えするもので、動学的不整合問題を助長することになる。

このような問題は、本来公共投資評価を社会システムの外から行う費用便益分析が義務化で社会システム内に組み込まれ、住民が費用便益分析を戦略的に利用することで発生する。つまり、住民の戦略的移住行動により住民の居住分布が変化すると費用便益分析による最適政策が異なるという不整合が生じる。実際、費用便益分析では住民の行動（顕示選好）に基づき公共投資の評価を行うため、住民の行動前後で最適と判断される政策が異なってしまう。費用便益分析が住民の行動（顕示選好）に基づくのは、住民の効用変化を政府が直接観察できないからである²。すなわち、選好に関して住民と政府の間に情報の非対

¹ 動学的不整合問題のメカニズムは、大別して2種類ある。一つはある時期の最適政策が時間の経過だけで最適でなくなるという場合、2つめは複数の主体のシュタッケルベルグゲームにおいてサブゲームパーフェクトの解が社会的最適解と異なる場合である。本研究は後者を扱う。なお、動学的不整合問題は時間不整合問題とも呼ばれる。

² 仮に効用水準を直接測れるとすると、政策当局は最善の投資水準を決定でき、その最適政策をコミットメントすることが可能になる。最適政策をコミットメントできれば、住民の戦略的移住を防ぐことができ、動学的不整合問題は生じないといえる。ただし、その場合でも、移住コストが高ければ、住民の戦略的移住があると政策当局は当初の最適政策を効率的観点からみても変更せざるを得ない。なお、最善の投資水準でなく居住人口を制限しても最善政策を達成することが可能である。しかしながら、居住人

称性があり、政府は観察可能な経済変量、すなわち住民の行動からしか効用変化を推計することができないのである。

このようにある動学タイミング（ここでは住民行動のタイミング）の前後で最適政策が異なることが、いわゆる動学的不整合問題（または時間不整合問題）である。この問題が起こる一般的構造は Kydland and Prescott (1977)により指摘されている。なお、上記の「洪水が起こる地区への住民移住による堤防建設」は Kydland and Prescott (1977)が動学的不整合問題の例としていくつかあげたうちのの一つである。ただし、堤防の費用便益分析を含め具体的なモデル化および分析は行われていない。

動学的不整合問題は、特に金融政策に関して、政策当局と民間部門のシュタッケルベルグゲームとして定式化されて多くの分析(例えば Barro and Gordon(1983), Calvo(1978a), Calvo(1978b))がなされている。そして、金融政策以外の公共政策や税金政策の動学不整合問題も研究されてきた³。しかしながら、費用便益分析の動学的不整合問題の分析は、交通政策を例として分析している Kono and Notoya(2012)に限られる。彼らは、公共政策が固定的な場合（例：道路投資などの固定資本）と可変的な場合（例：バスサービスなどのフローサービス）のそれぞれについて、動学的不整合問題の発生メカニズムとその問題が起こる十分条件を示している。しかしながら、定性的分析にとどまり、その非効率の程度分析はなされていない。費用便益分析以外をみても、動学的不整合問題については理論研究に比較して定量的分析の蓄積は極めて限定的である(木内, 2005)⁴。

そこで、本研究ではインフラ整備における費用便益分析がもたらす動学的不整合問題の非効率の程度を実証的に示すことを目的として、防潮堤整備を例に分析する。防潮堤整備を行う際には規模(高さ)を決めるため費用便益分析が行われる。防潮堤を例とした理由は、

口自体を制限する政策は一般には存在せず、土地利用政策では面積規制のみである。そのため、最適居住人口を計算できたとしても政策当局による人口制限は一般に難しい。

³ 金融政策以外を対象とした分析として、教育投資を対象とした Boadway et al. (1996)、交通混雑料金を対象とした Glazer (2000)、都市開発を対象とした Richer (1995)、地方財政におけるソフトな予算制約問題を対象とした Kornai (1979)、Qian and Roland (1998)、Sato (2002)や Akai and Sato (2008)、公共財費用の世代間負担問題として Bassetto (1999) や Mitsui and Sato (2001)、そして課税問題を対象として Fisher (1980) や Mino (2001)があげられる。

⁴ 実証分析が少ない理由として、木内(2005)は規律性やインセンティブといった変数が多くの場合、観察不可能であるためであろうと述べている。なお、定量分析の例としては Persson and Tabellini(2004) や Klein et al. (2008), Pettersson-Lidbom (2010)があげられる。

Kydland and Prescott(1977)における堤防の例と全く同じメカニズムであるのに加え、東日本大震災において具体的に防潮堤整備が必要となり、現実に動学的不整合問題が発生しうる状況であるためである。また、費用便益分析の動学的不整合問題の非効率の程度が整備対象のインフラの性質とどのような関係があるかを把握し、こういったインフラ整備の場合に費用便益分析の動学的不整合問題による非効率を考慮するべきかを検討する。

具体的な分析内容としては、東日本大震災で壊滅的な津波被害を受けた陸前高田市（位置は図1を参照）を対象地域として町丁目単位111ゾーンに分け、対象地域の立地均衡モデルのパラメータを現実データを用いてキャリブレーションし、防潮堤整備における費用便益分析の動学的不整合問題がもたらす厚生損失の大きさを定量する。立地均衡モデルは上田編著(2009, pp.111-114)やUeda et al. (2013) の Computable Urban Economic (CUE) モデルに防潮堤の整備効果を組み込んだモデルである。以下の2ケースをシミュレーションして、それぞれの立地均衡と防潮堤高さを求めて厚生を比較する。

ケース1：社会厚生が最大となる社会最適ケース

ケース2：住民が戦略的に移住した後に政府が費用便益分析によって防潮堤高さを決定する動学的不整合ケース

ケース1は、防潮堤の高さと件の立地均衡モデルにおいて、その防潮堤高さを社会的余剰最大化にするケースである。一方、ケース2は住民がリーダー、防潮堤の高さを決定する政府がフォロワーのシュタッケルベルグゲームの中で防潮堤の高さが決定される。

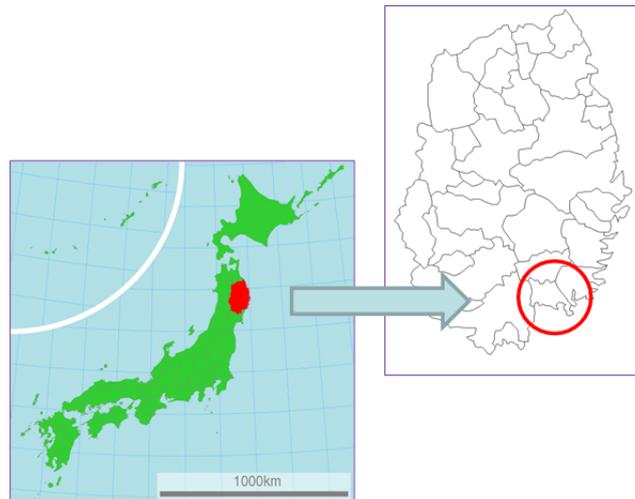


図1 陸前高田市の位置

なお、本研究はインフラ整備における一般的な動学的不整合問題のメカニズムとその定量分析を目的としており、実際の復興計画の評価を意図していない。実際、陸前高田市で現在策定中の復興計画は、震災前の土地利用計画とは大きく異なったものであり、震災前には住宅地が広がっていた旧市街地エリアに公園や農業地区・産業地区を計画している。こういった復興計画は、従来土地利用に基づきキャリブレーションを行う本研究のモデルでは表現が難しい。ただし、本研究が対象としている動学的不整合問題はほぼ同じメカニズムで生じうる。すなわち、農業地区・産業地区においても、費用便益分析の結果を有利にするために、計画規模や昼間人口を大きく設定でき、必要な防潮堤が最適を超える高さで整備されうる。

そこで、実際の復興計画への本研究の成果の適用範囲としては、定性的なメカニズムについては、同地区の実際の復興計画に起こりうる問題として考えることができる。定量的結果については、震災前の土地利用実態に近い計画が仮に行われたとした時の動学的不整合問題の程度を示している。また、本研究のモデル分析結果を用いて、事後的に震災前の防潮堤の高さの評価や現在計画されている 12.5m の防潮堤の妥当性についても検討可能である。本論文の主題ではないものの、これらについても必要に応じて検討結果を示す。

2. 立地均衡モデル：陸前高田市モデル

本研究のモデルは陸前高田市を対象とし町丁目 111 ゾーン（ゾーン区分は補遺 1 の付図 1 を参照）で構成されるモデルであり、ベースとして上田編著(2009, pp.111-114)および Ueda et al. (2013) の CUE モデルを用いる。これは、財市場のみならず土地の需要と供給が均衡するモデルである。行動主体は住民と不在地主の 2 主体である。立地主体の住民として、高齢者と高齢者以外の 2 種類の年齢階層を考慮し、それぞれの所得や選好の異質性をモデル化する。住民は土地、私事トリップ、合成財を消費し、その結果として得られるゾーン別の効用値に基づき居住地選択を行う。なお、長期均衡を求めるために移住費用をゼロと仮定する。また、土地は不在地主に所有されている。一方、企業立地は、東日本大震災以

前の立地パターンに固定する.

2.1 住民

住民は, 私事トリップ x_i^m (トリップ数), 土地面積 l_i^m (宅地消費量), 合成財 Z_i^m を消費する. なお, 効用関数は準線形に特定化して⁵, 式(1)のように表される. 式(2)は所得制約である.

$$V(q_i, r_i, I_i^m) = \max[\alpha_x^m \ln x_i^m + \alpha_l^m \ln l_i^m + Z_i^m] + \tau_i^m \quad (1)$$

$$s.t. \quad Z_i^m + q_i x_i^m + r_i l_i^m = I_i^m - D_i^m \quad (\text{ここで, } I_i^m \equiv w(t^m - s_i^m)) \quad (2)$$

ここで, i : ゾーンを表す添字, m : 年齢階層を示す添字, q_i : 私事トリップ費用, r_i : 住宅地代, I_i^m : 1人あたりの所得, α_x^m, α_l^m : パラメータ, w : 時間価値, t^m : 拘束時間, s_i^m : 通勤・通学時間, D_i : ゾーン別の年あたり津波被害の期待値, τ_i : ゾーン固有の魅力度 (固定値 $\bar{\tau}_i$ と個人間で異なる値をとる確率変数 ε_i の単純和で構成される.)

本来は, 期待効用関数を用いてリスクプレミアムも考慮すべきである. ただし, データ制約があるため複雑なモデルのキャリブレーションは不可能である. よって, 本研究では第1次近似としてリスクプレミアムのない準線形効用関数を用いる. その結果, 津波被害の影響を期待値 D_i で表現できる. これは, 住民が受ける被害の期待値を毎年蓄積することで, 被害に備えていると解釈できる. また, 完全保険が存在しており, その保険に加入している場合と解釈することもできる.

式(1), (2)の効用最大化問題を解くと式(3), (4), (5)のように私事トリップ消費量 x_i^m , 宅地面積消費量 l_i^m , 間接効用関数 V_i^m が求められる.

$$x_i^m = \frac{\alpha_x^m}{q_i} \quad (3)$$

$$l_i^m = \frac{\alpha_l^m}{r_i} \quad (4)$$

$$V_i^m = I_i^m - D_i^m - \alpha_x^m \ln q_i - \alpha_l^m \ln r_i - \alpha_x^m - \alpha_l^m + \tau_i^m \quad (5)$$

5

式(3), (4)よりパラメータ α_x^m , α_l^m は, 式(6)のようにそれぞれ年あたりの土地消費額, 交通消費額で表わされる.

$$\alpha_x^m = q_i x_i^m \quad \text{and} \quad \alpha_l^m = l_i^m r_i \quad (6)$$

ここで, 年齢階層 m の住民は効用水準 V_i^m の高いゾーンへ立地変更する. また, 確率変数 ε_i をガンベル分布 (平均ゼロ, 分散 $\pi^2 / 6(\theta^m)^2$) と仮定して, 立地選択行動はロジットモデルで表される. ここで, 移住費用はゼロである. また, 各ゾーンの属性人口 N_i^m はゾーンの年齢階層別総人口 N_T^m に立地選択確率 P_i^m を乗じることによって算出される.

$$P_i^m = \frac{\exp \theta^m (V_i^m + \bar{\tau}_i^m)}{\sum_i \exp \theta^m (V_i^m + \bar{\tau}_i^m)} \quad (7)$$

$$N_i^m = P_i^m \cdot N_T^m \quad (8)$$

ここで, θ^m は立地選択モデルのロジットパラメータ (1に基準化する) である.

住民の土地総需要量 L_i^m は一人あたり土地消費面積に立地者数を乗じて, 式(9)のように表わされる.

$$L_i^m = l_i^m \cdot N_i^m \quad i \in \{1, \dots, 111\} \quad (9)$$

以下, モデルで用いる時間価値, 所得, 土地・交通パラメータ, 通勤・通学時間の推計およびキャリブレーションに用いたデータ出典とその方法を順に示す.

○時間価値 w (=平均労働賃金率): 2000年 NHK 国民生活時間調査(全国編)による一人当たり拘束時間⁶(時間/日・人)を 2005年国勢調査より求めた年齢階層別人口(人)を用いて加重平均し, 365(日)と総人口(人)を掛けあわせたものを全体の年間労働時間(時間)とし, これで県民経済計算の雇用者所得(円)を割ったものを時間価値 (=平均労働賃金率) とする. データの出典および単位等詳細を表 1 に示す (表 1 の No. 1~5 を参照).

○年齢階層別所得 I_i^m : 推計した時間価値(円/時間)に一人当たり拘束時間から後で作成するゾーン別通勤・通学時間を差し引いたものを掛けあわせて作成する (すなわち, $I_i^m \equiv w(t^m - s_i^m)$). (表 1 の No. 5 と 6 および表 2 を参照)

○交通パラメータ α_x^m : 交通パラメータは年あたり交通消費額(円/年)を表す. 交通消費額

⁶ 家庭や社会を維持向上させるために行う義務性・拘束性の高い行動と定義される. 仕事関連, 学業, 家事, 社会参加からなる.

は、時間価値に一人あたり私事トリップ(トリップ/人)×一人あたり私事トリップ時間(時間/トリップ)×365(日)をかけあわせて作成する。(表1のNo.5,7,8,9を参照)

○土地パラメータ α_l^m : 土地パラメータは年あたり土地消費額(円/年)を表し、年齢階層別所得に住宅ローン負担率をかけあわせて作成する。(表1のNo.10と11を参照)

○通勤・通学時間 s_i^m : 非高齢者および高齢者は通勤・通学を行う。通勤・通学時間は発地ゾーン別平均時間である。ゾーン間所要時間を着地の通勤・通学トリップで加重平均したものに一人あたり通勤・通学トリップ(トリップ/人)を乗じて作成する(表2参照)。

表1 時間価値および所得

No.	項目	単位	データ出典または計算方法
1	一人あたり年齢階層別拘束時間	時間/日・人	国民生活時間調査2000(全国編)、平日、全体の平均時間利用、非高齢、高齢者(60代と70歳以上の平均)
2	年齢階層別人口	人	2005年国勢調査
3	年齢階層別総年間労働時間	時間/年	1.一人あたり年間労働時間×2.年齢階層別人口×365日
4	雇用者所得	円/年	県民経済計算、雇用者報酬
5	時間価値 w	円/時間	4.雇用者所得/3.年間労働時間
6	所得 $I=w(t-s)$	円/年	5.時間価値 w × (1.拘束時間 t - 通勤通学時間 s)
7	一人あたり私事発生トリップ数	トリップ/人	推計私事トリップ(補遺2参照)/人口
8	私事トリップ時間	時/トリップ	発ゾーン別期待最小費用
9	α_x^m (=交通消費額)	円/年	365日×5.時間価値×7.一人あたり私事発生トリップ数×8.私事トリップ時間
10	住宅ローン負担率	%	家計調査年報、住宅ローン返済世帯(土地家屋借金返済)の実収入に占める土地家屋借金返済額(全年齢平均:15.5%※)
11	α_l^m (=土地消費額)	円/年	6.所得×10.住宅ローン負担率

表2 通勤・通学時間

No.	項目	単位	備考
1	トリップあたりの通勤時間	時間/トリップ	ゾーン間所要時間を着地の通勤トリップで加重平均
2	トリップあたりの通学時間	時間/トリップ	ゾーン間所要時間を着地の通学トリップで加重平均
3	一人あたり通勤発生トリップ	トリップ/人	通勤発生トリップ/人口
4	一人あたり通学発生トリップ	トリップ/人	通学発生トリップ/人口
5	通勤・通学時間 s	時間/人	1.通勤時間×3.一人あたり通勤トリップ+2.通学時間×4.一人あたり通学トリップ

最終的に、表3に示す時間価値、所得、土地・交通パラメータが得られた。

表3 家計パラメータ

	モデルの記号	65歳未満	65歳以上
時間価値	w	538.0	538.0
交通パラメータ	α^m_x	40.8	41.6
土地パラメータ	α^m_l	18.0	20.2

2.2 企業

従業地つまり通勤先は固定とし、ゾーン別の従業者数は東北大震災前の実データを用いる。

2.3 地主

式(10)のように住宅用途の土地供給関数を設定し、実データを用い土地供給関数を作成する。また、地主は住民に住宅地を供給して地代収入を得る。

$$y_i = A(r_i)^\sigma Y_i \quad (10)$$

ここで y_i : 住宅地供給面積, Y_i : 住宅地供給可能面積, σ : パラメータ(住宅地)である。

式(10)に実測データの y_i , Y_i , r_i を用いて回帰分析⁷を行いパラメータ σ , A を求めた。ここで、得られたゾーン別推計土地供給面積 y_i を実際のゾーン別土地供給面積に完全に一致させるためゾーン別定数項 Δ_i をかけあわせて式(11)のような住宅用途土地供給関数が得られる。

$$y_i = \exp(1.508)(r_i)^{0.533} Y_i \cdot \Delta_i \quad (11)$$

2.4 均衡条件

土地市場均衡条件は式(12)で表され、人口の制約は式(13)で表される。

$$y_i = \sum_m L_i^m \quad i \in \{1, \dots, 111\} \quad (12)$$

⁷ 結果および用いたデータは補遺に記す。

$$\sum_i N_i^m = N_T^m \quad m \in \{1,2\} \quad (13)$$

2.5 防潮堤整備モデル

津波被害のゾーン別年あたり被害額をゾーン別所得から差し引いて、津波リスクを立地モデルに組み込む。なお、整備防潮堤高を高くするほど津波被害リスクは減少し、年あたり被害額は減少することになる。

年あたり被害額の計算は、まず各ゾーンに浸水深⁸を津波高ごとおよび堤防高ごとに設定し、それに津波遡上高別津波発生確率を考慮して、津波被害である家屋の損壊リスクおよび死亡リスクを計算する。ここで、浸水深とは図2のように浸水域の地面から水面までの高さ(深さ)であり、遡上高とは図2のように陸へあがった津波が到達した標高である。

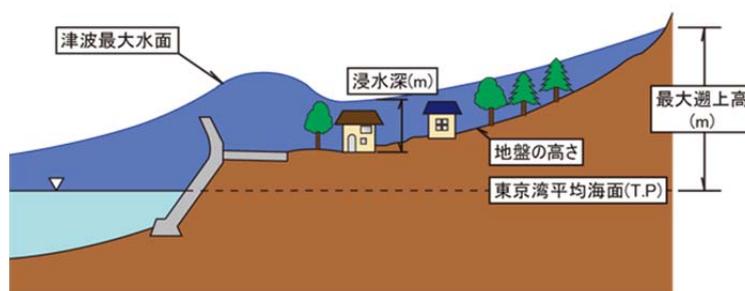


図2 浸水深と遡上高（出典：小樽市ホームページ⁹）

浸水深の設定方法を述べる。ゾーン別浸水深は岩手県が作成・公表した陸前高田市の地震・津波シミュレーション及び被害想定調査¹⁰(岩手県, 2003)を陸前高田市の中心部である高田地区¹¹(図7参照)の町丁目ゾーンと重ね合わせ設定する。また、岩手県による津波シミュレーション(2003)の高田地区遡上高¹²は明治三陸地震 10.4m, 昭和三陸地震 6.0m, 想定宮城県沖地震 10.2m の3つの遡上高の異なる地震を想定して計算されている。そこで、本研

⁸ 図2参照

⁹ http://www.city.otaru.lg.jp/simin/anzen/bosai/hageniki_sinsuiyosokuzu.html を参照。

¹⁰ 明治三陸地震による津波の再来, 昭和三陸地震による津波の再来に加え, 想定宮城県沖地震による津波の3つの津波を考慮し, 予測される最大の浸水深を図示したものである。

¹¹ 本研究独自の呼び方であり, 防潮堤を整備することによって影響を受けるゾーンの総称である。図7に地図を示す。

¹² 図2参照

究ではこの津波シミュレーションの想定遡上高 Φ を 10m と仮定して、各ゾーンの浸水深の計算に用いる。

防潮堤高さごとにゾーン別浸水深 $\Lambda_i(K, \Phi)$ を設定する。まず、ケース i)として 10m までの遡上高 Φ の津波の場合、その遡上高が防潮堤整備高 K を超えるとき、式(14)に示すように浸水深 $\Lambda_i(K, \Phi)$ は津波シミュレーション(2003)による想定浸水深 Ω_i (図 3) と同一とする。次に、ケース ii)として津波の遡上高 Φ が津波シミュレーション(2003)の設定遡上高 10m を超す場合、式(15)に示すように、その遡上高が防潮堤整備高 K を超えるとき、津波シミュレーションによる想定浸水深 Ω_i に 10m を超した値を足したものを浸水深として設定する¹³。また、整備防潮堤高 K が津波による遡上高 Φ より高い場合は、式(16)のように全ゾーン浸水深ゼロとする。

i) 遡上高 $\Phi \leq 10m$ and 遡上高 $\Phi >$ 防潮堤高 K

$$\Lambda_i(K, \Phi) = \Omega_i \quad (14)$$

ii) 遡上高 $\Phi > 10m$ and 遡上高 $\Phi >$ 防潮堤高 K

$$\Lambda_i(K, \Phi) = \Omega_i + (\Phi - 10) \quad (15)$$

iii) 防潮堤高 $K \geq$ 遡上高 Φ

$$\Lambda_i(K, \Phi) = 0 \quad (16)$$

ここで

Φ : 遡上高, Λ_i : 浸水深, Ω_i : 津波シミュレーション(2003)の浸水深, K : 整備防潮堤高 $T.P.(m)$

本研究で浸水深を設定するために用いる津波シミュレーション(岩手県, 2003)を図 3 に示す。

¹³ ここで、シミュレーション時の想定遡上高 10m より規模の大きな津波が起きた際に新たに浸水するゾーンがある。ただし、高田地区は平坦な市街地を山が囲んでいる地形であり、そのようなゾーンは 2ゾーンしか存在しない。これらのゾーンについては到来する津波による遡上高が 10m の時を浸水深 0m とし、津波による遡上高が 10m を越した場合は超過した分を浸水深として設定する。

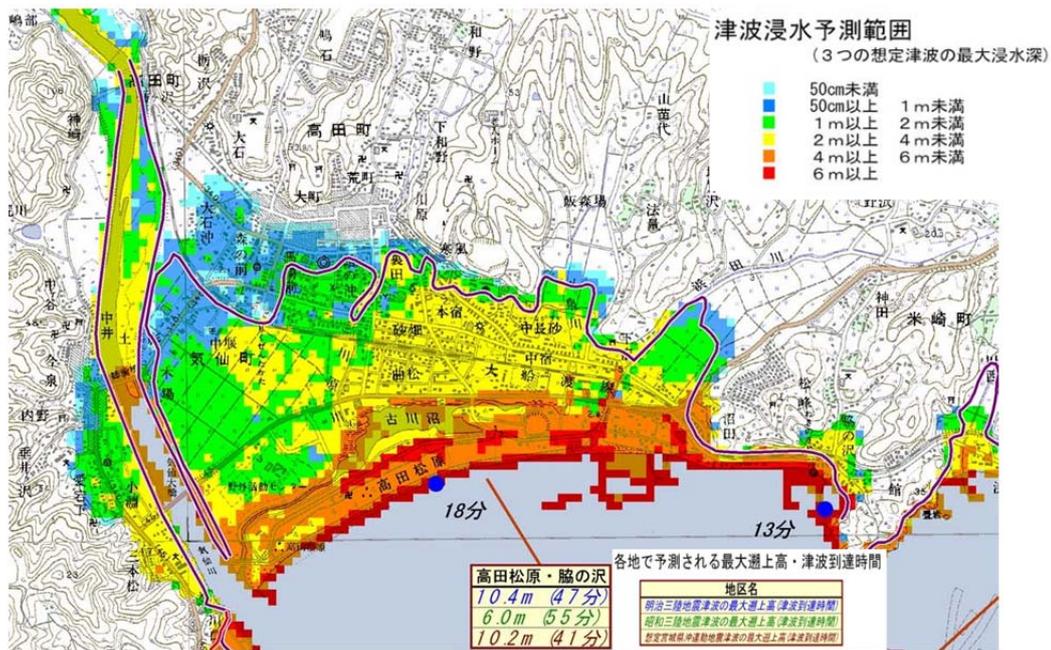


図3 陸前高田市津波被害想定調査 (岩手県, 2003)

次に、1年あたりの遡上高 Φ 別津波発生確率 $T(\Phi)$ を作成する。まず、世界の災害情報を扱う National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) の National Geographical Data Center のホームページ上に整理された地震および津波観測データ(1611~2011の400年分)より三陸に津波被害をもたらしたものを抽出し、その遡上高 Φ 別分布(400年・回数/m)を図4に示した。ここで、規模の大きい東日本大地震(15m)・チリ地震(6m)・昭和三陸地震(6m)・明治三陸地震(10m)・慶長三陸地震(20m)については、個別に対象地域のデータを調査しその値を用いた¹⁴。この実績データから今後の予測分布を推計するために、実績の津波高さ前後2mの津波が同確率で起こると仮定して、実績遡上高 Φ 別到来回数を観測遡上高から前後2mに振り分けた¹⁵。さらに400(年)で割ると1年あたりの遡上高 Φ 別津波発生確率 $T(\Phi)$ が図5のように求められる。

¹⁴ NOAAのデータは、三陸全体のデータであり、対象地域である陸前高田市のものではない。そこで、規模の大きな3つの津波についてのみ、陸前高田市あるいは陸前高田市に近い田老町のデータを用いた。

¹⁵ 3m未満の津波については実データそのものとした。なお、後の分析で示すように、最適防潮堤の高さは10mである。最適な高さは限界便益と限界費用の比較で決定されるため、低い津波についての振り分け方は、被害期待値の変化さえなければ、最適な高さの判断には全く影響しない。

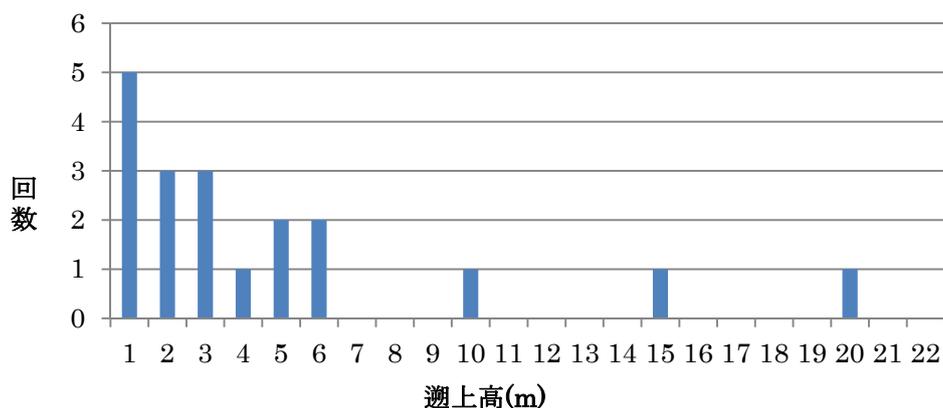


図4 400年あたり遡上高別津波到来回数（実測）

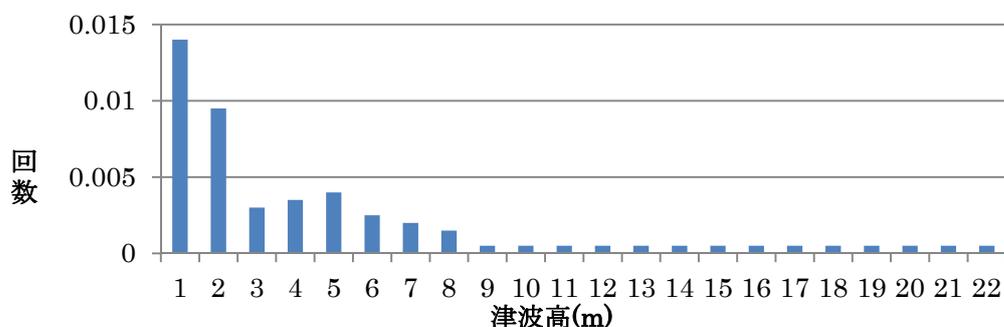


図5 1年あたり遡上高別津波到来回数（推計）

次に家屋被害リスク・死亡リスクの設定をする。今回津波による金銭的被害は家屋の損壊のみとし、木造住宅の損壊基準 ($\Lambda_i(K, \Phi) \geq 2m$ のとき全壊, $0 < \Lambda_i(K, \Phi) < 2m$ のとき半壊) に沿って各状態ゾーン別に被害状況を設定する。また、家屋の価格一軒当たり 2,000 万円・陸前高田市の平均世帯人数 3.2 人(2005 年国勢調査)・社会的割引率 4%とする。

死亡リスクについては、東日本大地震(2011.3)における陸前高田市の死亡者数を 2005 年国勢調査時の陸前高田市人口で割り、これを津波が堤防を越えた時の死亡率(津波死亡率)とする。また、統計的生命価値に内閣府推計 (2007 年) の 26,000(万円/人)¹⁶を用いる。

¹⁶死亡損失(2.26 億円)に死亡による金銭的損失(0.33 億円)を加えた。

上記設定を用いて年あたり被害額 $D_i(K)$ を算出する¹⁷。また、各ゾーンに住む居住者が津波による浸水で被る可能性のある被害は1)家屋の損壊および2)自身の死亡の2項目のみとする。

まず、1)家屋損壊による差し引き額を算出する。家屋 2000 万円を平均世帯人数 3.2 人で割ったものを浸水した際の家屋損壊による被害額とし、これに津波発生確率 $T(\Phi)$ をかけ足し合わせたものを全壊判断ゾーン ($\Lambda_i(K, \Phi) \geq 2$) の 1 人あたり年あたり差し引き額 $D_i^{Comp}(K)$ とする。なお、半壊判断ゾーン ($0 < \Lambda_i(K, \Phi) < 2$) の 1 人あたり年あたり差し引き額 $D_i^{Half}(K)$ はその半分とする。(遡上高 Φ が設定防潮堤高 K を超す場合において)

$$D_i^{Comp}(K, \Phi) = \sum_{\Phi=1}^{22} \{(2000 / 3.2) T_i(\Phi)\} \quad \text{when } \Lambda_i(K, \Phi) \geq 2 \quad (17)$$

$$D_i^{Half}(K, \Phi) = \sum_{\Phi=1}^{22} \{(1000 / 3.2) T_i(\Phi)\} \quad \text{when } 0 < \Lambda_i(K, \Phi) < 2 \quad (18)$$

ここで、 $T(\Phi)$: 遡上高 Φ メートル別津波到来確率

次に 2)死亡リスクによる年あたり被害額を算出する。設定した津波死亡率 (R) に内閣府算出統計的生命価値 (L) をかけあわせたものを浸水した際の死亡リスクのストックの被害額とし、これに遡上高別津波発生確率 $T(\Phi)$ をかけ足し合わせたものを浸水判断ゾーンの 1 人あたり年あたり差し引き額 D_i^{Death} とする。(遡上高 Φ が設定防潮堤高 K を超す場合において)

$$D_i^{Death}(K, \Phi) = (R \times L) T_i(\Phi) \quad \text{when } \Lambda_i(K, \Phi) > 0 \quad (19)$$

これらより、ゾーン別年あたり被害額 $D_i(K)$ は算出した家屋の損壊による年あたり被害額と死亡リスクによる年あたり被害額を足しあわせたものとなる。

$$D_i(K, \Phi) = D_i^{Comp}(K, \Phi) + D_i^{Half}(K, \Phi) + D_i^{Death}(K, \Phi) \quad (20)$$

¹⁷今回、所得から差し引かれる 1 人あたり年あたり被害額 D は年あたりの費用、すなわちフローの値である。しかしながら、 D を求める際、家屋損壊や死亡によるストックの被害額をフローの値に直す必要はない。被害を及ぼす津波は毎年起こる可能性があるため、ストックの被害額に年あたりの被害確率を乗じたものはフローの期待被害額となる。

2.6 社会的粗厚生 of 算出

社会的粗厚生は住民の厚生と不在地主の厚生 of 和によって求める。粗厚生 of 意味は、防潮堤コストを社会厚生から除く前 of 厚生 of 意味である。まず、住民 of 厚生 W^H は全 111 ゾーンにおける住民 of 間接効用 of ログサムを計算することによって求める。

$$W^H = \sum_m N_T^m \text{Exp}\{\max_i(V_i^m + \tau_i)\} = \sum_m N_T^m \ln \sum_{i=1}^{111} \exp(V_i) \quad (21)$$

N_T : 陸前高田市総人口, V_i : ゾーン別効用

不在地主 of 厚生 W^L は全 111 ゾーンにおいて不在地主が住民に土地を供給したことによって得た所得を足し合わせることで求める¹⁸。なお、業務用途 of 地代も上昇するため、厳密には考慮が必要である。しかしながら、シミュレーション結果である表 6 や図 9 に示すように、地代収入変化が社会厚生変化に占める割合はかなり少ない。また、企業 of モデル化を行っていないため、この業務用途における地代上昇 of 社会厚生への影響は無視する。

$$W^L = \sum_{i=1}^{111} r_i y_i \quad (22)$$

r_i : 地代, y_i : 住宅用途土地供給面積,

最後に、算出した住民 of 厚生および不在地主 of 厚生を足し合わせることで社会的粗厚生を求める。

$$W = W^H + W^L \quad (23)$$

なお、防潮堤を整備した時に変化する社会的粗厚生が整備便益である。なお、ストック変数である防潮堤整備コストと比較するために、社会的割引率 4% で現在価値換算して便益を求める。

¹⁸ なお、弾力的住宅土地供給関数を考慮しているため、住宅土地供給に関わる機会費用が生じている。この機会費用は、住宅に利用できるように森林を伐採するコストや農業などの代替的利用 of 収入などで構成される。後者 of 場合には、農地収入が住宅収入に変化するだけであり、不在地主 of 収入として何らか of コストを減じる必要性はない。ただし、この割合はわからない。そこで、本研究 of 社会厚生関数では、その機会費用 of 多くが代替利用による収入（例：農地代収入）と考えて、この機会費用を控除しなかった。なお、そもそも土地収入は効用に比較してかなり小さい（表 6 または図 9 参照）ため、この機会費用分 of 考慮や無視は、結果に大きな影響を与えない。

2.7 防潮堤整備コストの算出

高さ別防潮堤整備の費用は、過去の岩手県による防潮堤整備コスト(チリ地震津波災害復興誌)および現段階の岩手県試算防潮堤整備コスト(高田海岸)データ(図6参照)をもとに回帰分析¹⁹により作成する。この際、名目工事費を実質工事費に換算する(金額を現在価値に換算する)ために、建設工事費デフレーターを用いる。また、関数形は以下のように設定する。

$$C(K) = \gamma \exp(\phi \cdot K) \quad (24)$$

$C(K)$: 整備防潮堤高 K 別整備コスト, γ, ϕ : パラメータ

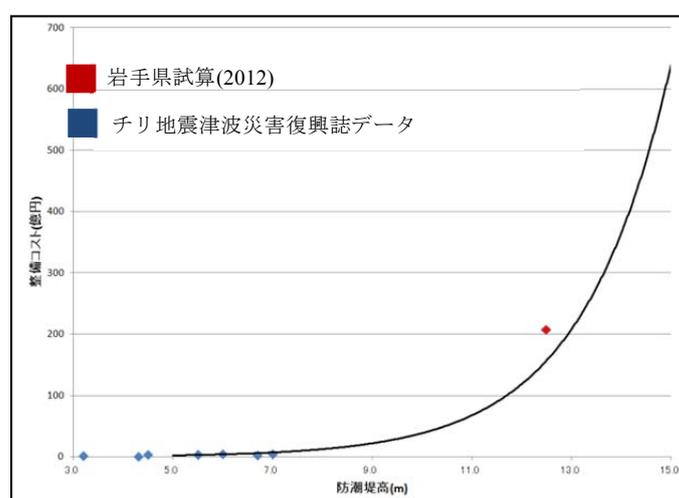


図6 防潮堤整備コスト

回帰分析²⁰により作成したコスト関数および計算した設定防潮堤高ごとの防潮堤整備コストは図6に示した回帰線あるいは表5のような数値となる。回帰されたコスト関数を式(25)に示す。また、今回整備を考える防潮堤は高田地区沿岸に整備される予定の延長1,977m(岩手県策定)の防潮堤である。図7に整備防潮堤の位置を青線で示した。

$$C(K) = 1977[0.71 \exp(0.56 \cdot K)] \quad (25)$$

¹⁹ 回帰分析に用いたデータおよび統計結果を補遺に示す。

²⁰ 結果およびデータを補遺に記す。

表 5 推計された防潮堤整備コスト

堤防高(T.P.)	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m	13m	14m	15m
整備コスト(億円)	2.3	4.1	7.1	12.5	22.0	38.5	67.5	118.3	207.5	363.7	637.5

2.8 基準の作成

東北大震災前の防潮堤高 T.P. 6m²¹の時のリスク D_i (6) を計算し、モデルの均衡を計算し、各ゾーンの人口密度を震災前に一致するように各ゾーン固有の魅力度 \bar{v}_i を求める。このモデルの均衡を基準均衡とする。

3. シミュレーション

3.1 2 ケース別シミュレーション

社会的最適ケース

社会的最適ケースでは、2 節でキャリブレーションしたパラメータのモデルを用いて、防潮堤高を T.P. 5m～T.P. 15m まで変化させて社会厚生を最大化する防潮堤高さを求める²²。なお、シミュレーションは 1m ごとに行う。

動学的不整合ケース

動学的不整合ケースでは、居住人口（あるいはデベロッパーがアナウンスする計画人口）のもとで最適な高さの防潮堤が整備される。防潮堤によって浸水被害が変化する高田地区（図 7 参照）とその他のゾーンの 2 ゾーンに分ける。次に高田地区の人口を震災前の 1.0 倍～2.0 倍（その他のゾーンの人口は陸前高田市の総人口から高田地区の人口を引いたものとする）として、それぞれの人口規模に応じた防潮堤の高さを費用便益分析により決める。ここで、防潮堤の便益は、国土交通省河川局の費用便益マニュアルと同様に、「津波被害額の防潮堤による軽減額」で求める。計算は、防潮堤高さ 1m ごとに行う。高さ Km の

²¹ 実際の東北大震災前の堤防高は 5.5m である。ただし、本研究では、防潮堤高 1m ごとに計算をするため、震災前の堤防高を 6m とみなす。

²² 簡単な計算から、 $dW^H = N_T^m \sum_m \sum_{i=1}^{111} P_i^m dV_i^m = \sum_m \sum_{i=1}^{111} N_i^m dV_i^m$ で計算できる。

防潮堤をさらに 1m 高くすることによる便益の増分 $\Delta Benefit(K)$ は式(26)のように計算できる。なお、最適な防潮堤高さ K^* のとき、防潮堤高さ 1m の追加による便益の増分を費用の増分が上回る。最適条件式は式(27)で示される。

$$\Delta Benefit(K) = \sum_{i=1}^{111} [D_i(K) - D_i(K+1)] \quad (26)$$

$$\begin{aligned} \Delta Benefit(K^*) &\geq \Delta Cost(K^*) \quad (\equiv C(K^*) - C(K^* - 1)) \text{ and} \\ \Delta Benefit(K^* + 1) &< \Delta Cost(K^* + 1) \quad (\equiv C(K^* + 1) - C(K^*)) \end{aligned} \quad (27)$$

ここで D_i :ゾーン別年あたり被害額, K :整備防潮堤高 ($T.P.$), K^* :最適防潮堤高 ($T.P.$)



図7 高田地区 (太線で囲んだ領域, 番号はゾーン番号)

3.2 シミュレーション結果

ここにはシミュレーション過程と結果を示し、考察については社会的最適ケースを 3.3 節に、動学的不整合ケースを 3.4 節に示す。

社会的最適ケース

高田地区に $T.P.5m \sim 15m$ の防潮堤を整備した際の住民の厚生・地主の収入・住民の厚生と地主の収入の和の変化である便益を表 6 に示す。なお、基準 (防潮堤高さ 6m) からの増

減で便益および費用を示している。同じものを図8に図示している。便益が水色線で示され、防潮堤整備費用が紺色線で示されている。また、便益から整備費用を差し引いた純便益(=社会厚生の変化)が赤線で示されている。整備防潮堤が津波高さ8mを超えると、便益の伸びが鈍化する。これは、図5に示したように津波到来回数が8mを超えると減少するからである。純便益をみると、高田地区における社会的最適な防潮堤高はT.P.10mであり、その際の純便益は約114億円である。

表6 社会的最適ケースの結果(単位: 現在価値)

防潮堤高(T.P.)		5m	6m(基準)	7m	8m	9m	10m	11m	12m	13m	14m	15m
便益	家計(億円)	-66.1	0.0	59.3	107.8	124.8	142.2	163.1	185.0	207.3	230.2	253.7
	地主(億円)	-3.1	0.0	2.7	4.7	5.4	6.1	7.2	8.3	9.4	10.5	11.7
	増減額(億円)	-69.2	0.0	62.0	112.5	130.2	148.3	170.3	193.2	216.7	240.7	265.3
費用	増減額(億円)	-1.8	0.0	3.1	8.5	17.9	34.4	63.4	114.3	203.4	359.6	633.5
	純便益(億円)	-67	0	59	104	112	114	107	79	13	-119	-368

注: 増減額とは、防潮堤高6mを基準として、そこからの防潮堤増減による差額

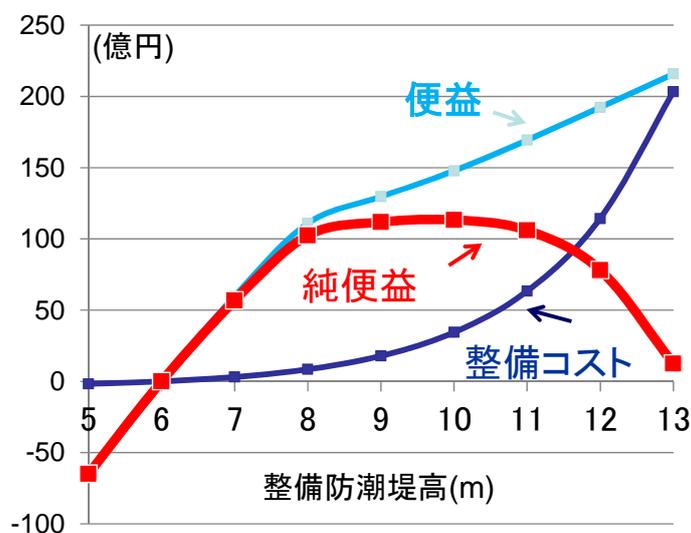


図8 社会的最適ケース結果

動学的不整合ケース

高田地区の人口を震災前人口からその2倍まで変化させて、その時の最適な防潮堤高を費用便益分析により求めたものを表7に示す。高田地区の人口が社会的最適な状態(8440人)

から 1.5 倍程度(13080 人)になった時、整備される防潮堤高は T.P. 11m と社会的最適ケースより 1m 高くなった。

表 7 人口を与件として費用便益分析によって求めた防潮堤高

与件: 高田地区人口(人)	費用便益分析による最適 防潮堤高: T.P.(m)	結果: 被害軽減額(億円)	
(震災前)	6885	9.5	128.0
	7575	9.5	145.0
(Optimal)	8440	10.0	167.9
	8950	10.0	181.8
	9640	10.0	189.8
	10330	10.0	209.8
	11015	10.0	223.8
	11705	10.5	251.0
	12395	10.5	265.8
	13080	11.0	289.0
	13770	11.0	313.3

3.3 考察

社会的最適ケース

シミュレーション結果において便益の増加から防潮堤整備費用を差し引いた純便益をみると、高田地区における社会的最適な防潮堤高は T.P. 10m であり、その際の純便益は約 114 億円であった。この T.P. 10m という値は震災前の防潮堤(基準)高 T.P. 6m よりもかなり高い²³。このことに加えて岩手県による津波被害想定調査においても市の中心における浸水高が深刻と予測されており、震災前防潮堤 T.P.6m は整備不十分であったといえる。また、人口という観点から高田地区を見ても社会的最適な防潮堤高 T.P. 10m の時の人口は 8440 人、震災前(防潮堤高 T.P. 6m)の人口は 6885 人であり、防潮堤高が不十分だったことから、実際に居住していた人口が最適人口と比較し少ない結果となっていた可能性がある。

²³ 2013 年 4 月現在、計画されている整備防潮堤高は 12.5m である。この防潮堤高に対する費用便益分析を整備する岩手県では行っていない。

表 8 防潮堤高を与件とした時の均衡人口

与件: 防潮堤高T.P.(m)	結果: 高田地区人口(人)
6.0	(震災前) 6885
7.0	7600
8.0	8095
9.0	8265
10.0	(Optimal) 8440
11.0	8645
12.0	8860

動学的不整合ケース

社会的最適ケースでは、高田地区における社会的最適な防潮堤高は T.P.10m であり、その際の純便益は約 114 億円であった(表 6 および図 8 参照)。ここで、純便益とは便益から防潮堤整備コストを差し引いた値である。動学的不整合ケースでは、デベロッパーが戦略的に住民を移住させ、高田地区の人口が社会的最適な状態から約 1.5 倍程度（震災前の 2 倍程度）の 13080 人になると、整備される防潮堤高は T.P.11m となることが分かった。

ここで、上記2ケースの比較を図9を用いて行う²⁴。図9の縦軸は(A)が整備防潮堤高、(B)が高田地区の純便益を表し、横軸は(A)、(B)ともに高田地区の人口を表す。また横軸の最小値は震災前高田地区人口、最大値が震災前高田地区人口のおよそ2倍である。曲線(a)は社会的最適ケースの結果であり、整備防潮堤高が決定した後に均衡した人口が住み着いた際の高田地区の人口を示す。曲線(b)は動学的不整合ケースであり、高田地区の人口が決定した後に費用便益分析により決定した整備防潮堤高を示す。また、曲線(c)は整備防潮堤高ごとの被害軽減額を震災前防潮堤高T.P.6mの場合と比較した整備防潮堤高ごとの高田地区における便益の値である。これらの便益は、住民あるいは不在地主に分配できる便益であり、デベロッパーがこの分配を行うことができる。つまり、(a)、(b)の差が動学的不整合問題の存在とその程度を表しており、(c)がその動学的不整合の要因となる便益を表している。

なお、高田地区の便益はこの右端の人口13080人を超えても便益は上がり続けていた²⁵。

²⁴ この図は、Kono and Notoya (2012)の Figure 2 に概ね相当する図である。

²⁵ 東北大震災前の陸前高田市の人口は、およそ 24000 人である。この人口が全員、高田地区に住んだ場合、費用便益分析による最適防潮堤高は 12m であった。

そのため、政府がより多くの人口がこの地区に居住することが可能と判断して、その人口規模に応じて費用便益により整備するとより高い防潮堤ができる。ただし、政府をデベロッパーあるいは住民が欺くのも限度があるため、ここでは、震災前の高田地区人口の2倍の人口（13080人）が達成されると以下の議論では想定する。

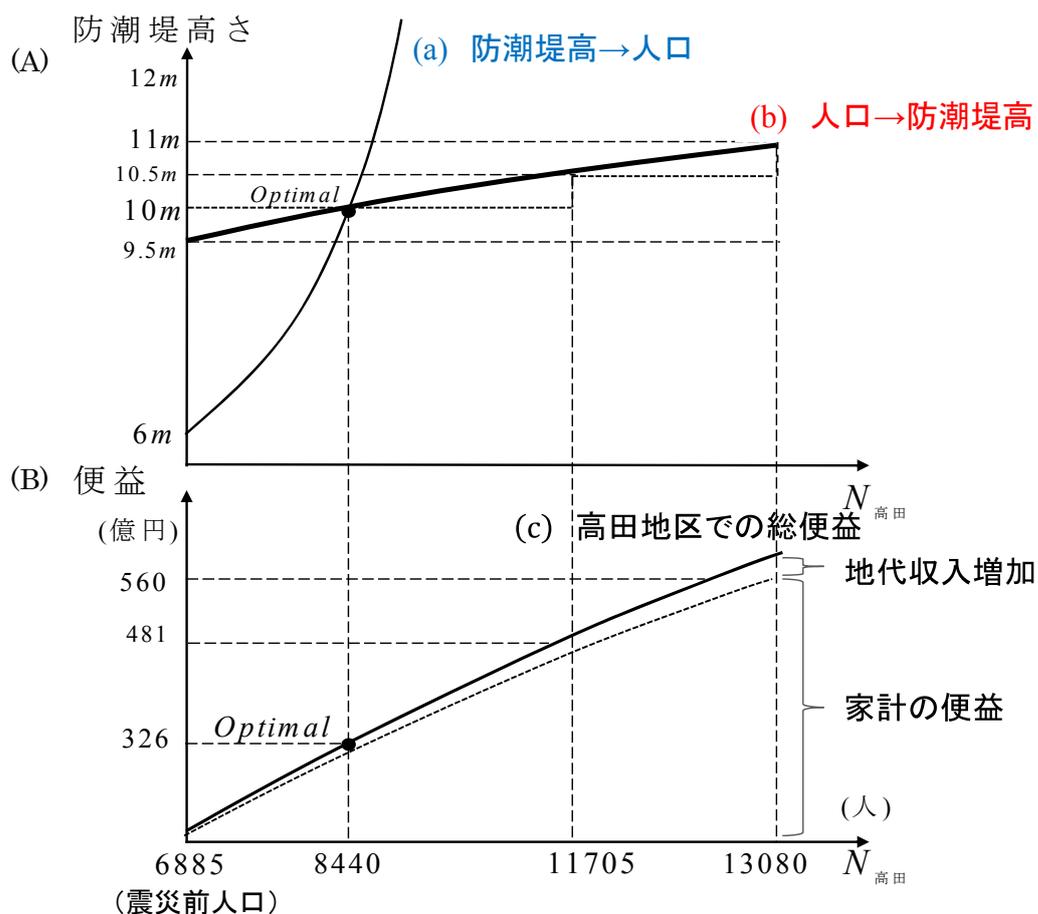


図9 動学的不整合結果

以上のように、デベロッパーにより引き起こされる戦略的移住により、高田地区の人口が最適人口の1.5倍（13080人）のケースの整備防潮堤高T.P.11mを想定すると、社会的最適な防潮堤高T.P.10mを整備する際のコストと比較すると約29億円の差がある。これは税金が無駄な公共投資に注がれることを意味する。また、コスト差を社会的割引4%を用いてフローに直すと約1.2億円となる。ここで、陸前高田市の平成21年度予算は約103億円であるため、この額は、市の毎年予算の1%強に相当する。

表7, 8 (または図9) より高田地区の人口が13,080人の時, 費用便益分析により決定される整備防潮堤高は11mであるのに対し, 整備防潮堤高11mの際の均衡人口は8645人であることが分かる。これはつまり, 防潮堤整備を利用しようと高田地区に移住した住民を防潮堤整備マニュアルの費用便益分析整備における便益計算に組み込んだ上で防潮堤高を決定したにも関わらず, 均衡後多くの人口が再び高田地区から離れてしまうことを示す。ただし, この均衡を予測するためには, 住民の選好を知る必要がある。本研究では, 住民の効用関数を仮定しているため, この均衡を予測できる。しかしながら一般に政府は住民の選好を知ることはできず, 費用便益分析により便益を計測せざるを得ない。

最後に, 防潮堤のインフラ整備コストと動学的不整合問題の程度を分析して, 防潮堤以外のインフラ整備における動学的不整合問題について考察を行う。防潮堤の整備費用は図8の青線のように整備規模拡大によるコスト上昇が大きくなる特性を持っている。すなわち, 急激な費用逡増のインフラ整備といえる。そのため, デベロッパーによる戦略的行動によって多くの住民が高田地区に最適の1.5倍の人口になる程度に移住してきても便益上昇による防潮堤高は社会的最適のT.P.10mからT.P.11mへと変化するにとどまっている。そこで, 道路整備のように規模拡大による整備費用の上昇が緩やかなインフラ整備においては, 費用便益分析を用いた戦略的行動に対する整備規模増加がより敏感となり, より規模の大きい動学的不整合問題の非効率が生じるといえる。

4. 結論

陸前高田市の防潮堤整備における動学的不整合問題の非効率の程度についてキャリブレーションされた立地均衡モデルを用いて示した。仮に, 高田地区の人口が東北大震災前の2倍とすると, 防潮堤の高さは最適な10mから1m高い防潮堤が整備されることになる。この追加費用は, 陸前高田市の毎年予算の1%強に相当する。

本研究で対象とした防潮堤は, 整備する高さに関して逡増的に費用が増加する。特に10mを超えるとかなり高い。そのため, 多くの人口が戦略的に移住してきてもその最適高さの増分は1mに留まる。仮に, 整備するインフラが道路整備などで, 整備規模の増大によるコストの上昇が緩やかな場合, より規模の大きい動学的不整合問題の非効率が生じることに

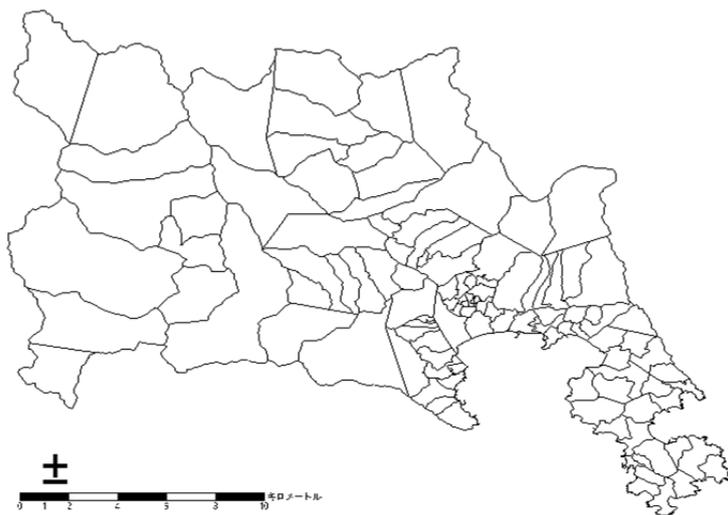
なる。そのため、整備費用の増加が緩やかなプロジェクトについて、動学的不整合問題をより注意する必要がある。

公共プロジェクトにおける動学的不整合問題を避けるためには、全額の費用負担を受益者である住民が行えばよい。しかしながら、住民による全額費用負担を実現するシステム構築が一般的に難しい。例えば、本研究のケースでは、受益を得る地区の固定資産税で徴収可能である。しかしながら、固定資産税率を一部の地域だけ高くすることは一般にはできない。資産課税以外の方法の一つとして陸前高田市が全額費用負担するとしても、受益を得る住民以外への負担増加も含まれるため、不十分な費用負担である。他に考えられる種々の税金を用いても、受益者のみが費用負担をする枠組み構築は難しく、便益享受主体のフリーライドを完全に排除するのは無理といえる。このように一般的な状況でも費用負担による動学的不整合問題の回避は難しく、また今回のように被災地区への費用負担を求めることはそもそも考えられない、そこで、本論文で扱った動学的不整合問題を考慮のうえ、整備を行うことが必要である。

最後に、本研究はインフラ整備における一般的な動学的不整合問題のメカニズムとその定量分析を目的としており、実際の復興計画の評価にそのまま適用はできない。また、定量分析については、陸前高田市における防潮堤整備に関する分析であり、他地域にそのまま適用できるわけではない。ただし、一般的に防潮堤整備コストは費用逦増型であり、既に述べたように防潮堤整備に伴う動学的不整合問題による非効率の程度は一般に小さいと考えられる。また、仙台や塩釜地域を除く東北大震災被災地域における同程度規模の計画人口を持つ土地利用開発に伴う防潮堤整備の場合は、住民の所得階層もほぼ同様であり、本研究の定量分析の結果はほぼ同様に当てはまると考えられる。

補遺 1. 土地利用データの作成

町丁目単位にゾーン分割したモデルのために、ゾーン別人口・ゾーン別従業者数・地価・宅地面積・利用可能面積の町丁目単位土地利用データを作成する。なお、陸前高田市を付図 1 のように町丁目単位の 111 ゾーンに分割する。



付図 1：陸前高田市ゾーン

土地利用データの仕様陸前高田市町丁目単位のゾーン別の人口(年齢 2 階層)・従業者数(産業 3 分類)・地価(住宅・業務)・土地面積(住宅・業務)・利用可能面積(住宅・業務)とし、以下のように作成する。

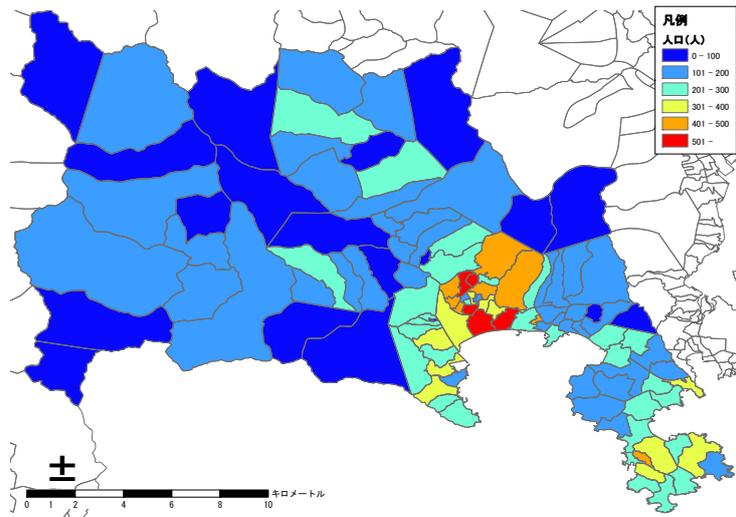
- ①人口…平成 17 年国勢調査(町丁・字等集計)から年齢 2 階層(高齢者・その他)別ゾーン別人口を作成する。
- ②従業者数…平成 18 年事業所企業統計(調査区等に関する集計)の産業別従業者数とゾーンポリゴンを用いてゾーン別産業別従業者数を作成する。
- ③地価…平成 17 年地価公示、平成 16 年都道府県地価調査、平成 17 年都道府県地価調査を用いてモデルゾーン別住宅系地価と業務系地価を作成する。
- ④宅地面積・利用可能面積…平成 18 年国土数値情報土地利用細分メッシュ等のデータを用いて「宅地面積」と「利用可能面積」を定義し、ゾーン別の住宅系・業務系の宅地面積と利用可能面積を作成する。

下表のデータを用いて土地利用データを作成する。

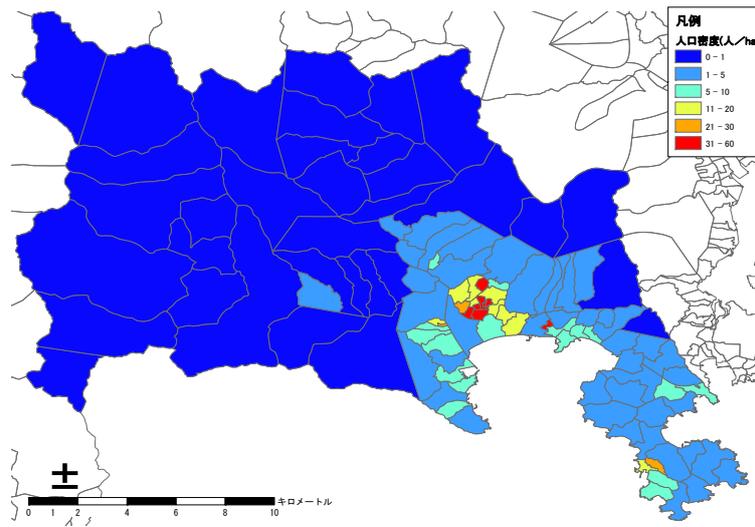
付表 1：土地利用データ出典

	データの出典	空間スケール
人口	平成 17 年国勢調査(町丁・字等集計)	町丁目
従業者数	平成 18 年事業所企業統計(調査区等に関する集計)	調査区
地価	平成 17 年地価公示 平成 16 年都道府県地価調査 平成 17 年都道府県地価調査	地価公示ポイント
宅地面積・利用可能面積(住宅系、業務系)	平成 18 年 国土数値情報土地利用細分化メッシュ	100m メッシュ
	平成 17 年国勢調査(町丁・字等集計)	町丁目
	平成 18 年事業所企業統計(調査区等に関する集計)	調査区
	平成 17 年都市計画年報	市区町村

作成した土地利用データを図示すると下図のようになる。



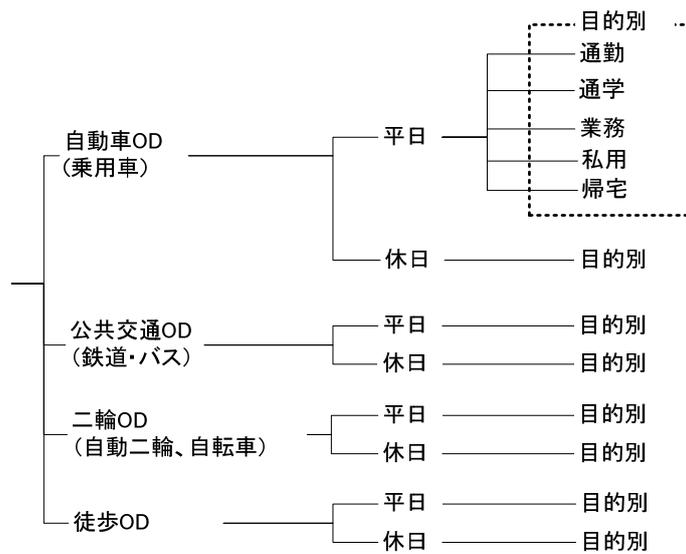
付図 2：陸前高田市の人口



付図3 陸前高田市の人口密度

補遺 2. 交通量データの作成

交通量データは手段 k 別・目的 n 別・年齢階層 m 別のゾーン ij 間の OD トリップである。今回のモデルでは旅客のみを対象とする。全国都市パーソントリップ調査の手段 k 別・目的 n 別・年齢階層 m 別の一人当たり発生トリップに年齢階層 m 別人口を乗じて、手段 k 別・目的 n 別・年齢階層 m 別の発生トリップを作成し、発生トリップ数を手段 k 別・目的 n 別・年齢階層 m 別の距離減衰パラメータと手段 k 別ゾーン間所要時間で OD トリップに配分する。



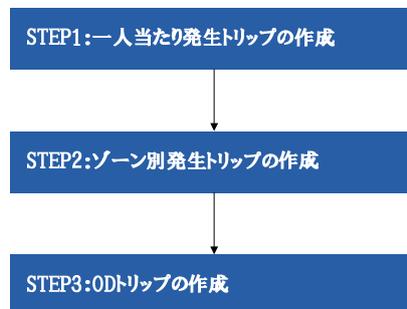
付図3 ODトリップ構造

交通量データ作成で使用するデータは下表のとおりである。

付表2：OD作成データ出典

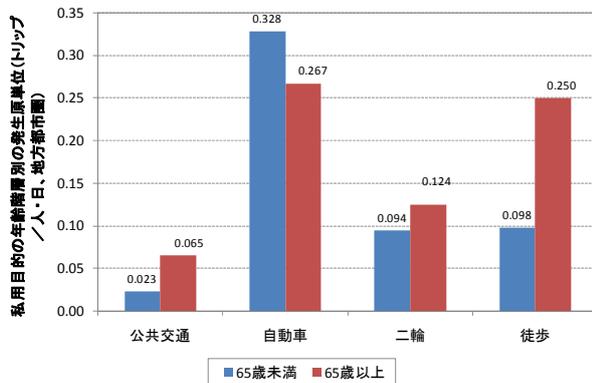
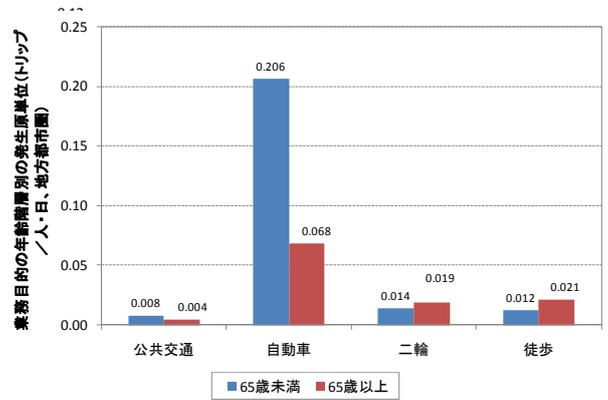
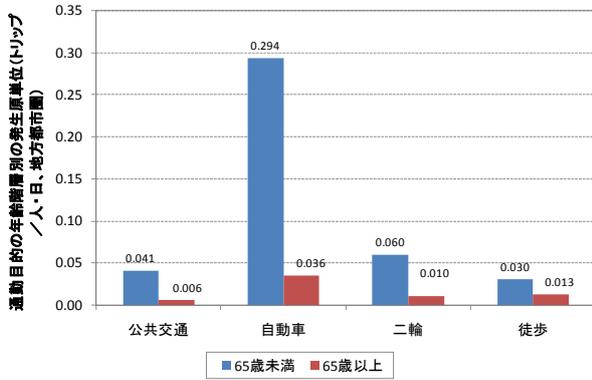
	作成するODトリップ	データの出典
旅客	乗用車ODトリップ	全国都市パーソントリップ調査(H11) 東京都市圏パーソントリップ調査(H10) 国勢調査(H17)
	公共交通ODトリップ	
	二輪ODトリップ	
	徒歩ODトリップ	

手段別のODトリップは全国都市パーソントリップ調査の手段別・目的別・年齢階層別の一人当たり発生トリップに人口を乗じ、ゾーン間の所要時間と人口で発生量をODトリップに按分する。



STEP1:一人当たり発生トリップの作成

全国都市パーソントリップ(H11)で作成した手段 k 別・目的 n 別・年齢階層 m 別の一人当たりトリップ数 α^{knm} を用いる。



STEP2:ゾーン別発生トリップの作成

ゾーン別人口に目的別の一人当たり発生トリップ数を乗じてゾーン別発生トリップ数（平日）を作成する。ゾーン別発生トリップ数（平日）に休日平日比（目的別の一人当たり発生トリップの休日平日比）を乗じてゾーン別発生トリップ数（休日）を作成する。

ゾーン別発生トリップ数 T_i^{wkmn} （平日）

平日の手段 k 別・目的 n 別・年齢階層 m 別のゾーン別発生トリップ数は1人当たりトリップ数 α^{knm} にゾーン別年齢階層別人口 POP_i^m を乗じて算出する。

$$T_i^{wkmn} = \alpha^{knm} \cdot POP_i^m$$

ゾーン別発生トリップ数 T_i^{hknm} (休日)

休日の手段 k 別・目的 n 別・年齢階層 m 別のゾーン別発生トリップ数は平日のゾーン別発生トリップ数 T_i^{wknm} に休日平日比 β^n を乗じて算出する。

$$T_i^{hknm} = T_i^{wknm} \cdot \beta^n$$

付表 3：トリップ休日平日比

	通勤通学	通学	私事	業務	帰宅
休日平日比 β^n	0.2	0.1	1.51	0.28	0.79
休日／平日※			0.94/0.62	0.05/0.19	0.75/0.95

STEP3:OD トリップの作成

OD トリップの作成ではまず交通手段別のゾーン間所要時間 C_{ij}^k を作成する。次に作成した交通手段別のゾーン間所要時間と発生トリップと着地 j の従業者数 EOP_j (通学目的のみ着地 j の年齢階層 m 別人口 POP_j^m) と手段 k 別年齢 n 別目的 m 別距離減衰パラメータ λ^{wknm} を作成する。それらを用いて狭域モデルゾーン間 OD トリップ数を推計する。

発生量と集中量が得られていれば二重制約型のモデルを構築し OD トリップを推計することが可能である。しかし今回は発生量しか得られない。よって集中量の代理指標として従業者 (通学目的のみ着地の人口) を用い、下式のような従業者 (通学目的のみ着地の人口) と距離抵抗 (所要時間) の関数を作成して発生量を按分する。

○通勤・私事・業務

通勤・私事・業務目的は着地の従業者数と交通抵抗で発生トリップを按分する。

$$OD_{ij}^{wknm} = \frac{\frac{EOP_j}{\exp(\lambda^{wknm} \cdot C_{ij}^k)}}{\sum_j \frac{EOP_j}{\exp(\lambda^{wknm} \cdot C_{ij}^k)}} \cdot T_i^{wknm}$$

$$OD_{ij}^{hknm} = \frac{\frac{EOP_j^m}{\exp(\lambda^{hknm} \cdot C_{ij}^k)}}{\sum_j \frac{EOP_j^m}{\exp(\lambda^{hknm} \cdot C_{ij}^k)}} \cdot T_i^{hknm}$$

○通学

通学目的は着地の人口 POP_j^m と交通抵抗で発生トリップを按分する。

$$OD_{ij}^{wknm} = \frac{\frac{POP_j}{\exp(\lambda^{wknm} \cdot C_{ij}^k)}}{\sum_j \frac{POP_j}{\exp(\lambda^{wknm} \cdot C_{ij}^k)}} \cdot T_i^{wknm}$$

$$OD_{ij}^{hknm} = \frac{\frac{POP_j^m}{\exp(\lambda^{hknm} \cdot C_{ij}^k)}}{\sum_j \frac{POP_j^m}{\exp(\lambda^{hknm} \cdot C_{ij}^k)}} \cdot T_i^{hknm}$$

○ゾーン間所要時間

ゾーン内外所要時間

$$C_{ij(i \neq j)}^{byc} = v^{byc} \cdot k_{ij}^{car}$$

$$C_{ij(i \neq j)}^{wak} = v^{wak} \cdot k_{ij}^{car}$$

$C_{ij(i \neq j)}^{pub}$: 公共交通ネットワークの AllorNothing 配分 (混雑なし)

$$C_{ij(i \neq j)}^{pub}$$

ゾーン内々所要時間

$$k_{ij(i=j)} = \left(\frac{A_i}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$C_{ij(i=j)}^{byc} = v^{byc} \cdot k_{ij(i=j)}$$

$$C_{ij(i=j)}^{wak} = v^{wak} \cdot k_{ij(i=j)}$$

$$C_{ij(i=j)}^{pub} = v^{pub} \cdot k_{ij(i=j)}$$

$$C_{ij(i=j)}^{car} = v^{car} \cdot k_{ij(i=j)}$$

○距離減衰パラメータ

距離減衰のパラメータ λ^{wknm} は東京都市圏パーソントリップ調査のゾーン間所要時間と人トリップを用いて下式の二重制約型エントロピーモデルの相関係数 r が最も高くなるように求めた。

$$Q_{ij}^{wknm} = \frac{\alpha_i^{wknm} G A_i^{wknm} \beta_j^{wknm} A T_j^{wknm}}{\exp(\lambda^{wknm} C_{ij}^k)}$$

休日のパラメータは平均トリップ長の平日休日比（休日／平日比）の逆数を平日のパラメータに乗じて割引して作成した。

$$\lambda^{hknm} = \lambda^{wknm} \cdot \gamma$$

付表 4：距離減衰パラメータ（平日）

年齢階層	年少・生産年齢(65歳未満)				高齢(65歳以上)			
	通勤	通学	私事	業務	通勤	通学	私事	業務
乗用車	9.82	5.21	10.23	5.46	8.58	4.55	8.55	4.97
公共交通	0.79	0.50	1.43	0.82	0.81	0.51	2.87	0.84
二輪	11.10	5.89	11.56	2.58	16.85	8.94	23.24	2.65
徒歩	12.40	9.01	12.80	8.44	18.83	13.68	25.73	8.66

付表 5：距離減衰パラメータ（休日）

年齢階層	年少・生産年齢(65歳未満)				高齢(65歳以上)			
	通勤	通学	私事	業務	通勤	通学	私事	業務
乗用車	8.75	4.64	9.11	4.86	7.63	4.05	7.61	4.42
公共交通	0.70	0.44	1.27	0.73	0.72	0.45	2.56	0.75
二輪	9.88	5.24	10.29	2.30	15.00	7.96	20.69	2.36
徒歩	11.04	8.02	11.40	7.51	16.76	12.18	22.91	7.71

補遺 3. 回帰分析

(1) 防潮堤整備コスト推計

防潮堤整備コスト関数を求めた際の回帰分析の結果およびデータを以下に示す。なお、用いたデータは岩手県「チリ地震津波災害復興誌」p205, 表 7-33 および 2012 年現在の防潮堤整備費用概算(T.P. 12.5m)である。また、1969 年の事業費を現在価値にするため、建設デフレーターを用いている。

付表 7 防潮堤整備費用実績データ（延長 1 m ごと）

堤防高(T.P.)		3.2m	4.3m	4.5m	5.5m	5.5m	6m	6.7m	7m	12.5m
コスト	1969年(万円)	1.7	1.5	5.2	5.1	5.2	7.3	4.6	7.7	-
	現在価値(万円)	5.5	5.1	17.2	16.7	17.2	24.1	15.2	25.3	1050

式(24)の回帰分析結果を次表に示す.

	係数	t 値
$\ln \gamma$	-0.34170	-0.86
ϕ	0.56136	9.38
補正 R ² 値	0.916	

回帰分析の結果および高田地区の岩手県策定整備防潮堤延長 1977m より式(25)に示した防潮堤整備コスト関数が得られる.

(2) 住宅土地供給関数推計

住宅土地供給パラメータを求める回帰分析の結果を以下に示す. なお, 用いたデータは高田地区におけるデータから抽出した. 抽出したデータも表に載せる.

	係数	t 値
$\ln A$	1.5077	1.95
σ	0.53335	2.04
補正 R ² 値	0.195	

選択データ	回帰分析データ			
			y成分	x成分
ZONE	$\ln y$	$\ln Y$	$\ln y - \ln Y$	$\ln r$
33	11.35573	11.35573	0	-2.82393
36	10.52732	10.52732	0	-2.98219
59	12.22729	12.44266	-0.21537	-3.12422
65	10.27623	10.27623	0	-2.86869
67	10.04992	10.04992	0	-2.93918
70	11.77972	12.15445	-0.37472	-3.0559
77	11.10587	11.19742	-0.09155	-3.0548
81	10.08471	10.08471	0	-3.00045
82	10.97734	10.99942	-0.02209	-2.96045
94	11.25149	11.37644	-0.12495	-2.884
96	11.72656	11.76491	-0.03835	-2.73097
99	11.31883	11.31883	0	-2.88815
104	10.43977	10.43977	0	-2.8759
105	10.57254	10.57254	0	-3.01134

ここで y : 土地供給面積, Y : 利用可能面積

参考文献

- Akai, N. and Sato, M. 2008. Too big or too small? A synthetic view of the commitment problem of interregional transfers, *Journal of Urban Economics* 64: 551–559.
- Barro, R. J. and Gordon, D. B. 1983. A Positive Theory of Monetary Policy in a Natural Rate Model. *Journal of Political Economy*. 91:589-610.
- Bassetto, M. 2008. Political economy of taxation in an overlapping-generations economy. *Review of Economic Dynamics* 11: 18–43.
- Boadway, R., N. Marceau, and M. Marchand. 1996. Investment in Education and the Time Inconsistency of Redistributive Tax Policy. *Economica* 63: 171-189.
- Brender, A. and Drazen, A. 2004. Political Budget Cycles in New Versus Established Democracies. *Journal of Monetary Economics*, 52:1271–1295.
- Calvo, G. A. 1978. On the Time Consistency of Optimal Policy in a Monetary Economy. *Econometrica* 46: 1411-1428.
- Calvo, G. A. 1978. Optimal seigniorage from money creation. *Journal of Monetary Economics* 4: 503-517.
- Fischer, S. 1980. Dynamic inconsistency, cooperation and the benevolent dissembling government, *Journal of Economic Dynamics and Control* 2: 93-107.
- Glazer, A. 2000. Time consistency of congestion tolls. *Journal of Transport Economics and Policy* 34: 301-310.
- Kono, T. and Notoya, H. 2012. Is Mandatory Project Evaluation Always Appropriate? Dynamic Inconsistencies of Irreversible Projects. *Journal of Benefit-Cost Analysis* 3: Article 3.
- Kornai, J., 1979. Resource–Constrained versus Demand–Constraint Systems, *Econometrica* 47: 801-820.

- Kydland, F. E. and Prescott, E. C. 1977. Rules Rather than Discretion: The Inconsistency of Optimal Plans. *Journal of Political Economy* 85, 473-492.
- Mino, K. 2001. Optimal taxation in dynamic economies with increasing returns, *Japan and the World Economy* 13: 235-253.
- Mitsui, K. and Sato, M. 2001. Ex ante free mobility, ex post immobility, and time consistency in a federal system, *Journal of Public Economics* 82: 445-460.
- NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. NATIONAL GEOPHYSICAL DATA CENTER: Natural Hazards, Tsunami Runup.
<http://www.ngdc.noaa.gov/mndc/struts/form?t=101650&s=167&d=166> (2012. 2 閲覧)
- Persson, T. and Tabellini, G. 2004. Constitutional Rules and Fiscal Policy Outcomes. *American Economic Review* 94: 25-45.
- Petterson-Lidbom, P. 2010. Dynamic Commitment and the Soft Budget Constraint: An Empirical Test, *American Economic Journal: Economic Policy*, 2: 154-179.
- Qian, Y. and Roland, G. 1998. Federalism and the Soft Budget Constraint, *American Economic Review* 88: 1143-1162.
- Richer, J. 1995. Urban congestion and developer precommitments: Unilateral solutions to dynamic inconsistency. *Urban Studies* 32: 1279-1291.
- Intergovernmental Transfers, Governance Structure and Fiscal Decentralization, *Japanese Economic Review* 53: 55-76.
- Ueda, T., Tsutsumi, M., Muto, S., and Yamasaki, K. 2012. Unified computable urban economic model. *Annals of Regional Science* 50: 341-362.
- 木内祐輔, 2005. 経済政策における時間非整合性: 展望, *大阪大学経済学* 55: 45-63.
- 千田正(岩手県知事), 1969. 『チリ地震津波災害復興誌』. 岩手県. 第7章, 105-259. 259pp.
- 上田孝行編著, 2011. 『Excelで学ぶ地域・都市経済分析』. コロナ社, 162pp.

- 岩手県, 2003. 岩手地震・津波シミュレーション及び被害想定調査. jpg ファイル
<http://www.pref.iwate.jp/~hp010801/tsunami/yosokuzu/rikuzentakada.jpg> (2012.2 閲覧)
- 国土交通省, 2011. 建設工事費デフレーター. excel ファイル
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001076277> (2012.2 閲覧)
- NHK 放送文化研究所(世論調査部), 2011. 2010 年国民生活時間調査報告書. pdf ファイル
<http://www.nhk.or.jp/bunken/summary/yoron/lifetime/pdf/110223.pdf> (2012.2 閲覧)
- 国土交通省, H11. 全国都市パーソントリップ調査
- 国土交通省, H10. 東京都市圏パーソントリップ調査
- 総務省・統計局, H17. 国勢調査
- 内閣府 (2007 年), 交通事故の被害・損失の経済的分析に関する調査研究結果について
<http://www8.cao.go.jp/koutu/chou-ken/19html/gaiyou.html> (2012.2 閲覧)

付録. 各ゾーンのデータ
初期データ

ZONE	人口(人)		土地面積(m2)			地代(万円/m2)
	高齢者	その他	利用可能面積	宅地面積	浸水面積	
1	53	109	417391	101468	0	0.040
2	88	194	377623	16110	41450	0.033
3	85	177	195988	29127	23489	0.025
4	85	204	284840	38611	150737	0.022
5	43	81	189070	40677	0	0.021
6	31	94	193473	89479	145260	0.047
7	39	70	249724	26336	0	0.032
8	128	597	432677	91389	481694	0.039
9	154	303	194015	120438	34657	0.016
10	84	139	191108	48544	193259	0.017
11	86	220	436354	16812	74903	0.027
12	64	135	200648	50228	0	0.041
13	61	114	454883	38520	187414	0.046
14	44	106	369884	4498	0	0.034
15	1	1	42736	100	0	0.021
16	76	124	326850	26980	0	0.033
17	88	166	133829	63408	92342	0.016
18	39	76	393088	63970	0	0.043
19	1	1	200	100	0	0.031
20	80	247	817834	89227	1304801	0.050
21	55	114	534094	84943	373347	0.025
22	37	107	188544	3396	25741	0.018
23	12	11	110111	8352	0	0.029
24	42	93	169992	50804	180716	0.026
25	41	119	210031	7885	15720	0.015
26	1	1	200	100	0	0.037
27	68	136	173142	88379	0	0.035
28	74	145	182662	48078	110719	0.016
29	28	28	87288	100	0	0.019
30	104	336	386924	120665	0	0.038
31	53	154	328306	37598	73990	0.033
32	80	145	150521	62381	132081	0.026
33	112	301	117709	85453	117709	0.059
34	24	64	236925	6471	177556	0.042
35	66	175	224111	38378	450441	0.053
36	77	136	37329	37321	48016	0.051
37	64	139	261628	7232	19501	0.022
38	80	345	65804	58770	1377	0.027
39	31	66	181131	2806	91033	0.028
40	74	129	480097	49048	386485	0.026
41	57	122	561598	60683	155172	0.024
42	74	140	366263	8333	404862	0.026
43	66	179	682004	52560	0	0.047
44	64	499	161677	85610	0	0.042
45	60	98	418314	7026	0	0.033
46	56	133	208381	36970	70941	0.026
47	1	1	30046	100	0	0.028
48	111	244	333895	105718	160986	0.022
49	110	218	378488	25329	3273	0.016
50	78	157	283375	86769	0	0.042
51	51	66	266597	16445	0	0.020
52	71	124	305283	92347	0	0.037
53	66	161	222966	47824	80660	0.014
54	28	77	189376	49646	264246	0.052
55	61	161	508035	51081	5613	0.044
56	132	455	242284	185321	16775	0.048
57	43	104	177206	23609	133897	0.026
58	72	142	576672	7785	539004	0.024
59	155	499	448308	204289	688401	0.044
60	91	172	675041	92683	0	0.037

ZONE	人口(人)		土地面積(m ²)			地代(万円/m ²)
	高齢者	その他	利用可能面積	宅地面積	浸水面積	
61	51	126	264771	1518	36418	0.028
62	42	72	180204	114166	49882	0.045
63	49	77	376440	30444	0	0.024
64	216	279	247495	177085	41566	0.033
65	63	138	49075	29034	49075	0.057
66	40	51	295808	78544	0	0.026
67	37	124	29766	23154	29766	0.053
68	56	94	209654	20078	19439	0.019
69	65	164	467404	55330	168512	0.033
70	95	284	205694	130578	161914	0.047
71	1	1	2716	100	0	0.043
72	39	88	253725	34461	5335	0.028
73	63	112	232412	56242	47407	0.021
74	53	103	736384	8915	0	0.028
75	30	56	462778	26056	0	0.041
76	55	125	239200	76721	99099	0.045
77	72	137	74120	66560	86623	0.047
78	1	1	200	100	0	0.040
79	69	192	202212	2858	134557	0.021
80	61	98	583149	12317	0	0.045
81	22	55	23976	23974	28614	0.050
82	105	216	77775	58533	48870	0.052
83	38	107	341134	90714	136530	0.028
84	63	148	245265	48276	59233	0.014
85	66	122	498251	37633	83622	0.043
86	44	111	650499	25055	12023	0.039
87	46	89	127462	18671	253629	0.048
88	233	239	622988	31903	243678	0.034
89	95	183	98820	56152	89949	0.043
90	109	213	288305	131083	69112	0.015
91	38	40	383926	61476	484109	0.049
92	56	75	228523	100327	0	0.028
93	65	82	522994	95292	0	0.024
94	118	244	98086	76994	93571	0.056
95	109	270	223552	73551	275847	0.036
96	115	309	157253	123817	164551	0.065
97	40	122	375162	82443	31572	0.032
98	74	213	161745	37099	44507	0.015
99	149	418	179714	82358	179716	0.056
100	45	122	416607	40350	332669	0.023
101	110	288	542418	82259	367567	0.016
102	94	171	251421	48265	14382	0.020
103	23	51	109848	38627	112467	0.049
104	41	74	39370	34193	26727	0.056
105	65	119	47127	39048	45382	0.049
106	47	102	245253	5383	86095	0.033
107	125	264	429102	73519	340099	0.031
108	79	147	673924	86406	24069	0.042
109	128	316	263157	172610	189561	0.056
110	86	197	375481	110600	532625	0.031
111	50	102	343170	75249	96562	0.028

各ゾーン防潮堤 6m（基準）時の交通費用を除く所得および間接効用値，浸水深

ZONE	所得(万円)		間接効用		初期浸水深(m)
	高齢者	その他	高齢者	その他	
1	106.0	127.6	411	418	—
2	85.3	110.6	399	410	4
3	107.8	131.4	432	441	—
4	107.7	130.7	438	446	—
5	106.8	130.8	438	448	—
6	109.9	129.0	408	413	—
7	108.1	126.5	423	427	—
8	85.2	110.6	392	403	5
9	107.0	128.0	451	457	—
10	107.5	129.4	448	454	—

ZONE	所得(万円)		間接効用		初期浸水深(m)
	高齢者	その他	高齢者	その他	
11	107.8	130.2	429	437	—
12	107.0	125.8	411	416	—
13	107.0	128.3	406	413	—
14	106.7	129.9	419	427	—
15	112.5	173.8	442	489	—
16	107.2	131.8	421	431	—
17	106.7	127.9	451	457	—
18	107.5	120.4	408	407	—
19	112.5	173.8	425	472	—
20	85.8	110.8	382	393	2
21	106.5	129.1	431	439	—
22	110.3	131.4	449	455	—
23	112.5	130.0	429	432	—
24	108.8	132.0	432	441	—
25	108.2	125.7	454	456	—
26	112.5	173.8	420	467	—
27	107.8	131.5	418	428	—
28	106.7	127.6	449	455	—
29	109.2	123.2	445	444	—
30	106.9	129.2	414	422	—
31	106.3	130.0	420	429	—
32	85.9	111.5	410	421	2
33	90.5	116.3	380	392	1
34	108.6	122.7	410	410	—
35	107.5	130.4	401	410	—
36	85.6	110.3	381	392	2
37	107.2	128.8	437	444	—
38	107.6	132.9	430	440	—
39	109.9	129.7	430	436	—
40	106.7	128.0	429	436	—
41	106.7	129.9	434	442	—
42	106.9	130.4	431	439	—
43	107.6	131.6	406	416	—
44	107.5	130.5	411	420	—
45	106.5	125.4	419	423	—
46	85.1	111.5	408	420	3
47	112.5	173.8	432	479	—
48	107.1	128.0	437	443	—
49	107.0	127.6	451	456	—
50	106.9	127.1	410	416	—
51	105.1	121.6	438	440	—
52	106.3	127.0	414	421	—
53	107.3	127.0	455	459	—
54	109.6	129.9	404	410	—
55	107.0	129.2	408	416	—
56	107.1	131.3	405	415	—
57	107.1	133.4	431	443	—
58	107.0	131.8	434	444	—
59	85.1	110.3	387	398	4
60	106.9	127.7	416	422	—
61	106.0	129.4	426	435	—
62	108.5	128.9	408	415	—
63	104.9	122.5	431	434	—
64	107.4	132.6	420	431	—
65	90.4	116.0	382	393	1
66	107.9	123.3	430	431	—
67	98.5	121.9	393	402	0
68	106.4	127.2	442	448	—
69	107.3	128.0	420	426	—
70	85.8	111.3	385	396	3
71	112.5	173.8	414	461	—
72	108.3	129.5	429	435	—
73	107.1	127.1	438	444	—
74	105.9	127.9	426	433	—
75	109.5	127.5	413	417	—
76	106.6	130.8	407	417	—
77	89.9	114.9	389	399	1
78	112.5	173.8	417	464	—
79	107.8	130.1	441	448	—
80	106.9	127.7	406	413	—
81	87.2	112.1	384	395	2

ZONE	所得(万円)		間接効用		初期浸水深(m)
	高齢者	その他	高齢者	その他	
82	90.2	115.7	385	397	1
83	110.4	133.9	431	440	—
84	107.0	127.6	455	461	—
85	107.4	128.7	409	416	—
86	106.6	126.3	412	418	—
87	107.3	131.7	405	415	—
88	107.5	129.8	419	427	—
89	90.3	114.3	393	403	1
90	107.0	127.9	453	459	—
91	110.4	130.2	408	413	—
92	106.2	126.6	425	431	—
93	106.9	125.1	432	436	—
94	85.4	111.3	377	389	2
95	85.7	111.1	396	407	2
96	90.6	115.8	376	387	1
97	108.5	130.7	423	431	—
98	106.7	127.8	454	460	—
99	85.4	110.4	377	388	2
100	107.1	130.7	436	445	—
101	107.1	127.5	450	456	—
102	107.2	129.9	442	450	—
103	109.1	131.7	406	415	—
104	91.6	116.9	383	394	1
105	95.8	120.8	393	404	0
106	107.3	131.0	421	430	—
107	107.4	131.7	424	434	—
108	107.0	127.8	410	416	—
109	107.0	132.8	399	411	—
110	86.2	111.3	403	413	5
111	106.2	132.6	427	439	—

注：初期浸水深は、図3に示した陸前高田市津波被害想定での浸水深である。

各ゾントリップ数

ZONE	一人当たりトリップ数(回/日)					
	通勤	通学	私事	通勤	通学	私事
	高齢者			その他		
1	0.075	0.000	0.698	0.422	0.211	0.550
2	0.068	0.000	0.716	0.428	0.206	0.541
3	0.059	0.000	0.718	0.424	0.209	0.542
4	0.059	0.000	0.718	0.422	0.211	0.544
5	0.070	0.000	0.698	0.420	0.210	0.556
6	0.032	0.000	0.710	0.436	0.213	0.543
7	0.051	0.000	0.718	0.429	0.229	0.557
8	0.070	0.000	0.703	0.425	0.211	0.543
9	0.065	0.000	0.701	0.422	0.211	0.548
10	0.060	0.000	0.702	0.424	0.209	0.547
11	0.058	0.000	0.709	0.427	0.209	0.541
12	0.063	0.000	0.703	0.430	0.207	0.541
13	0.066	0.000	0.705	0.430	0.219	0.544
14	0.068	0.000	0.705	0.415	0.198	0.538
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0.066	0.000	0.697	0.419	0.210	0.548
17	0.068	0.000	0.716	0.428	0.211	0.548
18	0.051	0.000	0.718	0.421	0.224	0.539
19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.063	0.000	0.700	0.425	0.211	0.543
21	0.073	0.000	0.727	0.430	0.219	0.544
22	0.027	0.000	0.703	0.411	0.196	0.533
23	0.000	0.000	0.667	0.364	0.182	0.545
24	0.048	0.000	0.690	0.430	0.215	0.548
25	0.049	0.000	0.707	0.429	0.218	0.546
26	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
27	0.059	0.000	0.691	0.426	0.206	0.544
28	0.068	0.000	0.703	0.428	0.207	0.545
29	0.036	0.000	0.679	0.429	0.214	0.571
30	0.067	0.000	0.712	0.426	0.211	0.545

ZONE	一人当たりトリップ数(回/日)					
	通勤	通学	私事	通勤	通学	私事
	高齢者			その他		
31	0.075	0.000	0.698	0.422	0.221	0.552
32	0.063	0.000	0.700	0.428	0.207	0.545
33	0.063	0.000	0.705	0.422	0.209	0.542
34	0.042	0.000	0.708	0.438	0.188	0.531
35	0.061	0.000	0.697	0.417	0.211	0.543
36	0.065	0.000	0.714	0.426	0.206	0.544
37	0.063	0.000	0.703	0.424	0.209	0.547
38	0.063	0.000	0.700	0.423	0.209	0.545
39	0.032	0.000	0.710	0.424	0.227	0.545
40	0.068	0.000	0.703	0.426	0.209	0.543
41	0.070	0.000	0.702	0.426	0.213	0.549
42	0.068	0.000	0.703	0.421	0.207	0.543
43	0.061	0.000	0.697	0.425	0.207	0.542
44	0.062	0.000	0.702	0.425	0.212	0.545
45	0.067	0.000	0.700	0.429	0.204	0.541
46	0.071	0.000	0.714	0.421	0.211	0.549
47	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
48	0.063	0.000	0.712	0.426	0.213	0.545
49	0.064	0.000	0.700	0.427	0.211	0.546
50	0.064	0.000	0.705	0.420	0.217	0.548
51	0.078	0.000	0.706	0.424	0.227	0.545
52	0.070	0.000	0.718	0.419	0.210	0.548
53	0.061	0.000	0.697	0.429	0.211	0.547
54	0.036	0.000	0.679	0.429	0.221	0.545
55	0.066	0.000	0.705	0.429	0.211	0.547
56	0.068	0.000	0.705	0.426	0.213	0.543
57	0.070	0.000	0.698	0.423	0.202	0.538
58	0.069	0.000	0.708	0.430	0.204	0.542
59	0.071	0.000	0.703	0.425	0.212	0.545
60	0.066	0.000	0.703	0.424	0.215	0.541
61	0.078	0.000	0.706	0.429	0.206	0.540
62	0.048	0.000	0.690	0.417	0.222	0.556
63	0.082	0.000	0.694	0.429	0.221	0.545
64	0.065	0.000	0.708	0.423	0.208	0.542
65	0.063	0.000	0.714	0.428	0.210	0.536
66	0.050	0.000	0.725	0.431	0.216	0.549
67	0.027	0.000	0.703	0.419	0.210	0.548
68	0.071	0.000	0.714	0.436	0.213	0.543
69	0.062	0.000	0.692	0.427	0.213	0.543
70	0.063	0.000	0.705	0.426	0.211	0.546
71	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
72	0.051	0.000	0.718	0.432	0.205	0.545
73	0.063	0.000	0.714	0.429	0.223	0.554
74	0.075	0.000	0.698	0.417	0.204	0.544
75	0.033	0.000	0.700	0.411	0.196	0.518
76	0.073	0.000	0.727	0.424	0.208	0.544
77	0.069	0.000	0.708	0.423	0.212	0.540
78	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
79	0.058	0.000	0.710	0.427	0.208	0.542
80	0.066	0.000	0.705	0.429	0.204	0.541
81	0.045	0.000	0.682	0.418	0.200	0.527
82	0.067	0.000	0.705	0.426	0.213	0.542
83	0.026	0.000	0.684	0.411	0.196	0.533
84	0.063	0.000	0.714	0.426	0.203	0.541
85	0.061	0.000	0.697	0.426	0.213	0.549
86	0.068	0.000	0.705	0.432	0.225	0.541
87	0.065	0.000	0.696	0.427	0.202	0.539
88	0.060	0.000	0.704	0.423	0.213	0.544
89	0.063	0.000	0.705	0.426	0.208	0.541
90	0.064	0.000	0.706	0.427	0.211	0.545
91	0.026	0.000	0.684	0.425	0.225	0.550
92	0.071	0.000	0.714	0.413	0.227	0.547
93	0.062	0.000	0.692	0.415	0.207	0.549
94	0.068	0.000	0.712	0.426	0.213	0.545
95	0.064	0.000	0.706	0.422	0.211	0.544

ZONE	一人当たりトリップ数(回/日)					
	通勤	通学	私事	通勤	通学	私事
	高齢者			その他		
96	0.061	0.000	0.713	0.427	0.207	0.540
97	0.050	0.000	0.725	0.426	0.213	0.549
98	0.068	0.000	0.703	0.427	0.211	0.545
99	0.067	0.000	0.711	0.426	0.213	0.543
100	0.067	0.000	0.711	0.426	0.213	0.549
101	0.064	0.000	0.700	0.427	0.212	0.545
102	0.064	0.000	0.702	0.421	0.211	0.544
103	0.043	0.000	0.739	0.431	0.216	0.549
104	0.049	0.000	0.707	0.419	0.216	0.541
105	0.062	0.000	0.692	0.429	0.218	0.546
106	0.064	0.000	0.723	0.422	0.206	0.539
107	0.064	0.000	0.704	0.428	0.208	0.545
108	0.063	0.000	0.709	0.422	0.204	0.537
109	0.070	0.000	0.703	0.427	0.209	0.544
110	0.058	0.000	0.709	0.426	0.213	0.548
111	0.080	0.000	0.680	0.422	0.206	0.539

ゾーン番号対応図

陸前高田市を町丁目単位 111 ゾーンに分割した際のゾーン番号とそのゾーンの対応関係を以下に示す。

