

治水事業の経済効果計測に関する研究*

Measuring Economic Benefits of Flood Control Works

高木朗義**, 大野栄治***, 森杉壽芳****, 沢木真次*****

By Akiyoshi TAKAGI, Eiji OHNO, Hisa MORISUGI, and Shinji SAWAKI

The purpose of this paper is to propose a simple and practical model in order to measure economic benefits of flood control works. This model estimates a change in both capital gain and land use due to the flood control works. Our approach is to forecast a change in land use in a small zone by adopting a growth curve method to express the difference in urbanization between with and without the project. At the same time our model adopts a hedonic land price function which includes valuables of urbanization and the safety level of flood. Applying this model to the S river flood control works, the benefit measured by land price change amounts to the 300 billion yen which is 10 times of its investment cost. Also comparing this result with the damage cost of 100 billion yen measured by the conventional property value method, it turns out that the indirect effect will be 2/3 of total benefits.

1. はじめに

現在の治水事業の経済評価は、治水経済調査要綱¹⁾に基づいて行われている。この治水経済調査は、主に洪水氾濫による直接的な物的被害の軽減額を計測しているのみで、地域住民の洪水に対する不安感の減少や企業の生産性の向上など間接的な効果が計測されていない。

このような問題点を解決するために、本研究では、治水事業の経済効果を資産価値で計測することを試みる。また、その際、地価と立地が密接な関係にあ

ることを考慮して、資産価値と土地利用の変化を同時に捉え、かつ、できる限り簡単に実用的な計測モデルを提案する。

治水事業の経済効果を資産価値で計測した例はいくつかある²⁾。宮田・安邊³⁾と土木研究所^{2) 4)}は、地価関数の設定を行うことにより、治水事業による地価の変化は捉えているものの、土地利用の予測は行われていない。また、東北地建^{2) 5)}は、治水事業による土地利用の変化をパターンの移行として捉えているが、地価の変化自体は考慮していない。九州地建^{2) 6)}も地価関数に治水事業に関する要因を導入しておらず、土地利用モデルとも連動させていないため、治水事業の有無による地価の差は推定できない。また、土地利用モデルは非常に複雑で、モデルを構築するために多大な労力と時間を要するものと考えられる。本研究では、この点についても考慮し、できる限り簡単に実用的なモデルの構築を目指している。さらに、東北地建における他の研究^{2) 7)}は、

* キーワード: 費用便益分析, 資産価値評価, 治水事業

** 正会員 工修 岐阜大学大学院 博士後期課程
中日本建設コンサルタント(株)
(〒460 名古屋市中区錦1-8-6)

*** 正会員 工博 岐阜大学助手 工学部土木工学科

**** 正会員 工博 岐阜大学教授 工学部土木工学科
(〒501-11 岐阜市柳戸1-1)

***** 愛知県土木部都市計画課
(〒460-01 名古屋市中区三の丸3-1-2)

治水事業による地価と土地利用の変化が独立して推定されており、お互いの予測が連動している訳ではない。本研究では、地価と土地利用が密接に連動していることを考慮し、この2つを連動した計測モデルを構築することも目指している。また、土地利用モデルが複雑であるという問題は、先に述べたのとおりであり、この欠点の克服も目指している。

したがって、現在までのところ、治水事業の経済効果の計測モデルとして、地価と土地利用の変化を同時に捉えたものは存在していない。

一方、交通プロジェクトの経済効果計測においては、地価と土地利用の変化を捉えた計測モデルは数多くある^{8) 9) 10)}。それらの土地利用モデルと本研究のモデルの違いをまとめると表1のようになる。すなわち、本研究のモデルの特徴は、① 1/2メッシュ(500mメッシュ)という小ゾーン内で捉えており、土地利用の空間的な予測ができること、②交通プロジェクトの評価に使われている従来の土地利用モデルでは、総需要量を与え、その中で配分を予測しているのに対し、本研究のモデルは、荒地や水田・畑などの未利用地と市街地の2種の用途に限定した上で市街化が成長することを表現している。

表1 交通プロジェクト評価のための従来の土地利用モデルと本研究のモデルとの違い

本研究のモデル	従来の土地利用モデル
小ゾーン (500mメッシュ)	大ゾーン (主として市町村程度)
市街地	用途(商業,工業,住宅)
土地利用+地価	同左
Dynamic	同左
成長率曲線	需要配分型

2. 対象地域およびプロジェクトの概要

本研究では、S川における治水事業（総事業費約320億円、完了予定が2000年であるため、便益計測の対象年は2000年）を対象に、モデルの構築を行うものである。なお、S川は、3市3町を流れる流域面積約 50km²の河川であり、近年、流域内の都市化が著しく、流域の自然保水機能が低下し、度々洪水に見まわれ、治水施設の整備が急務となっている。

なお、計測は想定氾濫区域を対象に、1/2メッシュ(500mメッシュ)を基本単位として行うものとする。計測区域内の1/2メッシュの総数は60個である。

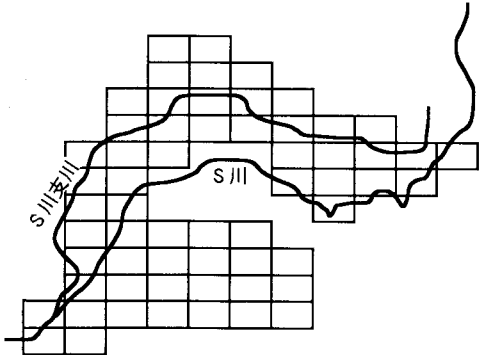


図1 S川想定氾濫区域メッシュ分割図

3. 計測モデル

3.1 計測モデルの考え方

社会資本整備の便益が資産価値の増加分に一致するためには、small-openの仮定が成立することが必要である¹¹⁾。この妥当性については、交通プロジェクトの評価を中心に、Polinsky・Shavell¹²⁾、安藤¹³⁾、Kanemoto¹⁴⁾、森杉¹⁵⁾、金本¹⁶⁾、大野¹⁷⁾、Morisugi・Ohno¹⁸⁾らによって理論的に示されている。また、実証的な研究についても、平松・肥田野¹⁹⁾、Morisugi・Ohno・Miyagi²⁰⁾、肥田野・林山²¹⁾らによって検討されている²²⁾。

本研究では、small-openの仮定が成立し、治水事業の経済効果が資産価値の上昇分で近似的に計測できるとして、以降の議論を進めていくこととする。

地価と立地が密接に連動することは、都市経済学の常識である。すなわち、治水事業による経済効果を資産価値で計測するためには、土地利用の予測が不可欠となる。この概念は図2のように示される。

治水事業を実施した場合、土地利用が変化する地域と変化しない地域がある。このとき、土地利用が変化する地域では、地価は変化前の土地利用形態（例えば、水田、畑）の価格から新しい土地利用（例えば、宅地）の価格へと上昇する。厳密に言えば、前者の地価は、治水事業を実施しなかった場合の将来時点における価格であり、後者の地価は、治水事業を実施した場合の将来時点における価格である。また、土地利用が変化しない地域では、治水事業を実施した場合の将来時点における地価が、実施

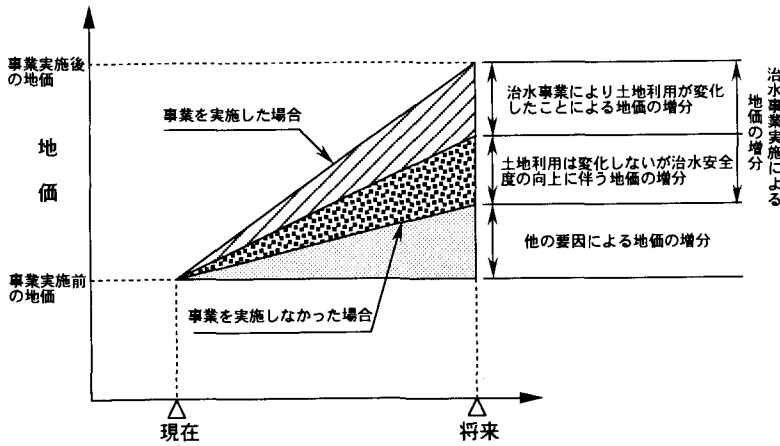


図2 治水事業による土地利用変化と地価の上昇

しなかった場合より治水安全度が向上していることに伴って高くなっている。したがって、治水事業を実施したことによる地価の増分を考える場合は、この2種類の地価の増加分を考えなくてはならない。

一方、治水事業を実施しない場合でも、治水事業以外の他の要因、例えば、道路整備や下水道整備などにより、地価は上昇するが、言うまでもなく、これと治水事業の効果とを分離する必要がある。

3.2 計測モデル

上記の考え方によると治水事業の効果は図3の斜線部分で表すことができる。さらに、この斜線部分面積は(1.1)式で計算できる。すなわち、図3の左上斜線部分は、土地利用が変化しない地域での地価の増加分であり、(1.1)式の第1項で計算できる。また、右上斜線部分は、土地利用が変化した地域での地価の増加分であり、(1.1)式の第2項で計算できる。なお、(1.2)式は年便益への換算式である。

$$\Delta P(t) = [Y_2^b(t) - Y_2^a(t)] \times A^a(t) + [Y_2^b(t) - Y_1^a(t)] \times [A^b(t) - A^a(t)] \quad (1.1)$$

$$B = \Delta P(t) \times r \quad (1.2)$$

ただし、 $\Delta P(t)$: t 時点の資産価値の変化分

$Y_1(t)$: t 時点の未利用地地価

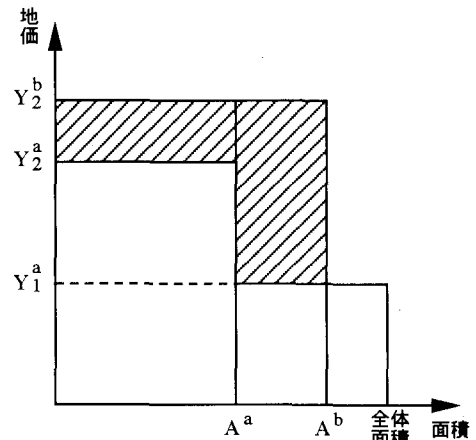
$Y_2(t)$: t 時点の宅地地価

$A(t)$: t 時点の宅地面積

B : 年便益 (円/年)

r : 利子率

スロー・スクリプト a, b : 治水事業の実施しなかった場合、実施した場合を示す。



(図中の記号は(1)式と同じ)

図3 治水事業による経済効果の計測方法

また、(1)式で治水事業の経済効果を評価するためには、図4に示すような手順で行えばよい。

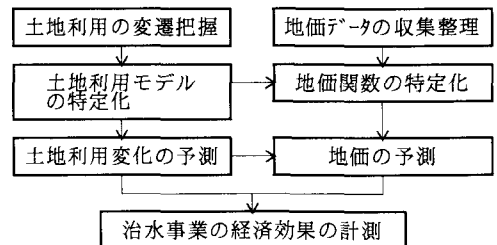


図4 計測手順

4. 土地利用モデル

4.1 土地利用モデルの考え方

本研究では、都市的用途区分の予測モデル構築およびそのために必要な長期時系列的データの入手の困難性を考慮して、次のような簡便な土地利用モデルを考案した。

- ① 土地利用の変化とは、荒地や水田・畑などの低未利用地が市街化するものとする。市街化した地域が、より高度な土地利用へ変化することも考えられるが、一般的な宅地化を想定する。
- ② 従来の土地の総需要を与えた上での配分型モデルではなく、成長曲線を用いた総需要に関する制約なしの土地利用モデルとする。
- ③ 次節に示すように、70年間の時系列変化の様子から判断すると、その成長曲線としては、ロジスティック曲線が適当であると考えられる。
- ④ 治水事業による土地利用変化の予測は、成長曲線がシフトすると考える。そのシフトは、都市計画法の実施方針²³⁾で「50mm/hrに対して未整備の河川氾濫区域は市街化区域へ編入できない」とされていることから、50mm/hrに対する河川整備が終わった段階で、市街化が可能になるとする。すなわち、治水事業の実施の有無によって土地利用の自由度が変化すると考え、その自由度を市街化が可能な面積の上限値として与えることができるロジスティック曲線を用いたモデルとする。

なお、ここで提案する土地利用モデルは、治水事業が実施されるか否かによる市街化の変化は予測できるが、実施される時期に応じた市街化の変化までは考慮できず、本モデルの限界を示すところである。その解決策については今後の課題としたい。

4.2 土地利用の変遷

治水施設の整備状況による市街化の推移を予測するにあたっては、まず、過去の市街化の変遷を把握しておく必要がある。本研究では、1920年～1987年の国土地理院発行の1/25,000旧版地形図の謄本²⁴⁾から、1/4メッシュ単位（氾濫計算結果を1/4メッシュ単位で行ったため、市街地の計測単位は1/4メッシュとし、後で1/2メッシュに集計している）に市街化面積を計測した。想定氾濫区域内の市街化の変

遷状況を表2および図5に示す。

これらを見ると、1960年代に急速に市街化が進んだことがわかる。

表2 市街化の変遷

年代	市街化面積(ha)	市街化率(%)
1920年	136.3	9.1
1932年	171.1	11.4
1957年	262.4	17.5
1970年	696.1	46.3
1973年	718.2	47.8
1976年	815.8	54.3
1981年	832.7	55.4
1987年	846.8	56.4

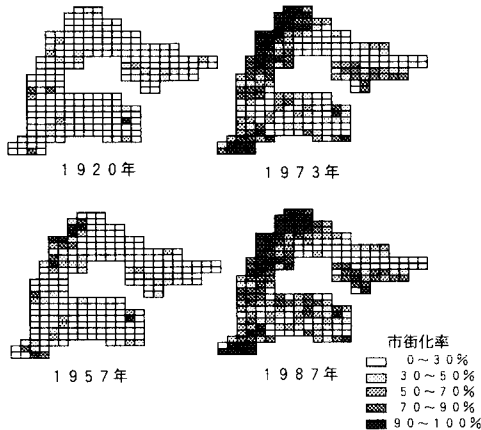


図5 市街化の変遷

4.3 土地利用モデルの特定化

土地利用モデルは、前述したようにロジスティック曲線式を用い、治水事業の実施に対して、市街化上限面積Lを増加させることにより、成長率曲線をシフトさせ、将来の市街化面積を予測するものである（図6参照）。

$$S = \frac{L}{1 + m \cdot \exp[-Kt]} \tag{2}$$

ただし、S：市街化面積
L：市街化上限面積
t：年次（＝西暦－1900）
m，K：パラメータ

なお、市街化上限面積Lの具体的な値は次のように設定した。

治水事業を実施した場合、メッシュ内すべてが市街化可能となるため、上限面積(L^b)は1/2メッシュ全体面積とする（図6の点線）。治水事業を実施しなかった場合、上限面積(L^a)は1/2メッシュ全体面

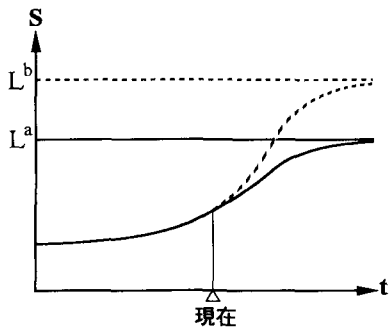


図6 ロジスティック曲線式による土地利用予測

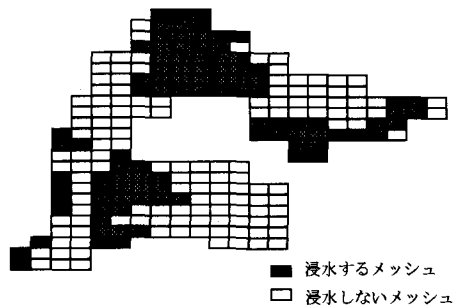


図7 50mm/hr降雨に対して現況で浸水する区域

積から 50mm/hr降雨に対し現況で浸水する 1/4メッシュ (図7参照) 内の未利用地面積を引いた面積とする (図6の実線)。

(2)式の土地利用モデル(ロジスティック曲線式)を対象区域内60個の 1/2メッシュ毎のデータにあてはめ、パラメータ推定を行った。結果の一部を表3に示す。全体的に相関係数は 0.9前後を示しており、 t 値もいくつか低いものがあるものの比較的良好な

表3 土地利用モデルのパラメータ推定結果

	No	L	m	K	相関係数
治水事業を実施した場合	1	26.247	93.76(2.461)	0.051(6.476)	0.935
	2	26.247	9.71(2.750)	0.033(5.985)	0.926
	3	26.247	16.11(0.867)	0.041(4.840)	0.892
	4	26.247	56.11(1.685)	0.036(5.338)	0.909
	:	:	:(:)	:(:)	:
治水事業を実施しなかった場合	1	18.890	82.08(2.376)	0.057(6.106)	0.928
	2	18.426	9.87(1.113)	0.049(5.793)	0.921
	3	17.829	28.75(0.466)	0.077(4.961)	0.897
	4	19.818	44.40(1.692)	0.039(5.335)	0.909
	:	:	:(:)	:(:)	:

注:()内は t 値を示す。

結果が得られた。ただし、治水事業を実施しなかった場合、 1/2メッシュ内すべてが浸水するために現況市街化面積と市街化上限面積が同じとなり、回帰分析ができなかったメッシュが生じた。しかし、本研究における土地利用変化予測の考え方に基づけば、将来も市街化が進まないものとして良いため、予測にあたっては問題がないと考えられる。

4.4 土地利用変化の予測

治水事業を実施した場合と実施しなかった場合の 2000年における市街化面積をメッシュ単位に予測した。想定氾濫区域全体で合計した値は表4に示すとおりである。

この表の中の自然増加とは治水事業の実施の有無にかかわらず、他の要因などによって増加する市街化面積 (図6の実線上での増分) であり、新規増加分とは、治水事業の実施により増加した市街化面積である (図6の点線と実線の差分)。

この結果を見ると、治水事業の実施の有無にかかわらず、現況市街地の約20%が自然に増加し、治水事業が実施された場合には、さらに約15%が新規に増加することがわかる。この自然増加分とは治水事業以外の様々な要因に対する増加分であるため、治水事業によって、自然増加に相当する面積が市街化するということは、本地域においては、治水事業による土地利用への影響がかなり大きいことを示している。

表4 治水事業実施の有無による市街化面積 (ha)

	実施した場合	実施しなかった場合
現況市街地	848.9 (75.1)	848.9 (84.5)
自然増加分	155.6 (13.8)	155.6 (15.5)
新規増加分	125.6 (11.1)	0.0 (0.0)
合計	1,130.1(100.0)	1,004.5(100.0)

注:()内の数値は合計値に対する比率を示す(%)

5. 地価関数

5.1 地価データの収集

本研究で収集した地価データは、1979年～1991年の想定氾濫区域内の宅地に対する実際の土地取引価格である。

5.2 地価関数決定要因の抽出

地価関数を決定する要因（説明変数）は、将来予測が可能となるようにメッシュ毎に設定でき、かつ、地価へ影響を及ぼすものでなければならない。それらの要因を検討した結果、年次、中心地までの距離、道路密度（メッシュ内の主要道路占有面積率）、市街化率（メッシュ内の市街化面積率；土地利用モデルによる推計値を利用）、治水安全度（50mm/hr 降雨に対して浸水するか否か）、行政区分、下水道整備の7つの項目を選択することができた。

5.3 地価関数の特定化

収集した地価データは、デフレータ²⁵⁾を乗じて1992年価格に補正し、以下に示すような地価関数を特定化した。この地価関数の特徴は、治水施設の整備によって、将来、治水安全度(X₅)と(2)式と連動している市街化率(X₄)が変化し、それが地価に影響を与えるように作られていることである。

$$Y = \exp [\alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7] \quad (3)$$

ただし、 α, β_i : パラメータ ($i=1, \dots, 7$)
Y : 地価
X_i : 地価決定要因 ($i=1, \dots, 7$)

表5 地価決定要因

X ₁	年次 (取引年次-1900)
X ₂	中心地までの直線距離(km)
X ₃	道路密度 (%)
X ₄	市街化率 (= S/メッシュ全体面積: %)
X ₅	治水安全度 (1=浸水しない, 0=浸水する)
X ₆	行政区分 (1=G市, 0=その他)
X ₇	下水道整備 (1=ある, 0=ない)

パラメータ推定結果は、表6に示すとおりである。これを見ると、年次のt値が大きく、地価への影響が最も大きいことがわかる。また、その他の要因においても、道路密度のt値が若干低いのを除けば、

表6 地価関数のパラメータ推定結果

変数など	パラメータの値	t値
α (定数項)	5.3793	22.028
β_1 (年次)	0.072960	24.591
β_2 (中心地距離)	-0.050288	-3.593
β_3 (道路密度)	0.29667	1.923
β_4 (市街化率)	0.19082	4.666
β_5 (治水安全度)	0.053541	2.481
β_6 (行政区分)	0.12564	4.827
β_7 (下水道整備)	0.11273	4.075
相関係数	0.811	
サンプル数	410 個	

すべて良好な結果となっている。さらに、中心地までの距離に関しては、距離が近いほど地価が高くなることや、治水安全度についても浸水する方が浸水しない方より地価が安いといったことなど、符号に関しても常識的なものが示されている。

5.4 地価の予測

治水事業を実施した場合としなかった場合の2000年におけるメッシュ毎の地価を予測した。表7に全メッシュの平均地価を示す。なお、未利用地の地価については、鶴見川の便益計測²⁾で宅地価格の半額程度となっており、また、最近の対象地域周辺の地価公示から見てもその程度であるので、本研究では、治水事業を実施しなかった場合の推計地価の半額と設定した。

予測結果を見ると、治水事業を実施した場合としなかった場合の平均宅地価格の差は約6,000円/㎡である。

表7 治水事業実施の有無による地価 (円/㎡)

治水事業の実施	土地利用	平均地価
実施した場合	宅地	382,522
実施しなかった場合	宅地	376,382
	未利用地	188,191

6. 経済効果の計測

前項までに推計してきた市街化面積および地価を(1)式に代入して、メッシュ毎に便益を計測し、総便益および利率を5%とした場合の年便益を算出した。結果は以下のとおりである。

総便益の合計: 3,095 億円
年便益の合計: 155 億円 (利率=5%)

S川の治水事業の総事業費は先にも示したように約320億円であるため、費用便益比(CBR)は約10を示し、プロジェクトの効果は非常に大きいという結果が得られた。これはS川が現況においてなお1.5年に1回の確率で発生する降雨規模にしか対応できていないのかかわらず、想定氾濫区域内の市街化が急速に進んでしまったため、地域の持つ被害に対する潜在力が大きく、少ない治水事業費で大きな効果が得られるものと考えられる。

また、総便益の内訳を示すと、現況および自然増加の市街地に対する便益の合計が 422億円、新規増加の市街地に対する便益の合計が 2,673億円となっており、全体の80%以上が新規増加分に対する便益である。したがって、資産価値による経済効果計測では、土地利用変化の予想が重要であることが明らかにされた。

7. 被害軽減額との比較

7.1 計測条件および手順

ここで計測する被害軽減額は、「治水経済調査要綱」による方法に土地利用の変化を考慮したものである。その計測手順は以下のとおりである。

予測年は地価によって予測した年と同じ2000年とする。そして、4. で予測した治水事業を実施した場合としなかった場合の2000年時点における市街化面積を算出し、それに資産単価（各メッシュ毎に家屋や家庭用品などの現況資産額(1992年価格)を現況市街化面積で割って算出したもの）を乗じて各メッシュの資産額を求め、それぞれに各降雨確率に対する被害率を乗じて、治水事業を実施した場合としなかった場合の期待被害額（年被害額の期待値）を算出し、その差をもって期待被害軽減額とする。

7.2 被害軽減額の計測結果

2000年における想定氾濫区域内の資産総額は、治水事業を実施した場合 7,255億円、実施しなかった場合 6,656億円となり、約 600億円実施した場合が高くなっている。そして、その資産額に各降雨確率に対する被害率を乗じて、各降雨確率毎の被害額を算出し、さらに、それに降雨の発生確率を掛けて足し合わせて期待被害額を算出した。結果は表8に示すように、治水事業を実施した場合30億円、実施しなかった場合76億円となっている。

したがって、治水事業実施の有無による期待被害額の差、すなわち、年期待被害軽減額は46億円となった。また、利子率を 5%として総期待被害軽減額を計算したところ 919億円となった。これを資産価値により計測した結果と比較してみると、被害軽減額は資産価値による計測値の約 1/3 であることがわかる。この原因として考えられるのは、被害軽減

表8 治水事業実施の有無による被害額（億円）

	降雨確率	被害額	期待被害額
実施した場合	1/2	0.000	0.000
	1/3	0.000	0.000
	1/5	68.754	4.572
	1/10	112.477	9.062
	1/20	159.582	6.801
	1/40	216.052	9.391
	合計	—	29.826
実施しなかった場合	1/2	42.229	10.557
	1/3	85.601	10.674
	1/5	134.802	14.657
	1/10	187.637	16.122
	1/20	237.407	10.626
	1/40	288.866	13.157
	合計	—	75.793

額には生産性や住環境の向上といった間接効果が含まれていないということである。

なお、資産価値による計測値は2000年時点の地価（価格自体はデフレータを乗じているので現在価格である）を用いているのに対し、被害軽減額は1992年の資産単価で算出している。そこで、資産価値による計測値を1992年の地価で評価すると 1,726億円となる。したがって、本研究で対象とした治水事業による経済効果の内1/2～2/3が間接効果であると言える。

年期待被害軽減額：	46 億円
総期待被害軽減額：	919 億円（利子率＝5%）

8. おわりに

従来の研究などにおいて、治水事業の経済効果を資産価値で計測した例はいくつがあるが、治水事業による地価の変化と土地利用の変化を同時に捉えた計測モデルは存在しないことを考慮して、本研究では、治水事業の経済効果を資産価値で計測することを試みた。その際、地価と立地が密接な関係にあることを考慮して、資産価値の変化と土地利用の変化を同時に捉え、かつ、簡単で実用的な計測モデルを提案した。

本計測モデルの特徴の内、土地利用予測においては、① 1/2メッシュ(500mメッシュ)という小ゾーン内で捉えていること、そして、それによって、土地利用の空間的な予測ができること、②交通プロジェクトで使われている従来の土地利用モデルでは、

総需要量を与え、その中での配分を予測しているが、本計測モデルは、荒地や水田・畑などの未利用地と市街地の2種の用途に限定した上で市街化が成長することを表現していること、③その予測式として、治水事業の実施の有無によって土地利用の自由度が変化すると考え、その自由度を市街化が可能な面積の上限値として与えることができるロジスティック曲線を用いていることがあげられる。また、地価の予測においては、地価関数に土地利用モデルから推定された市街化率と治水事業による治水安全度の向上を説明変数として取り込み、土地利用の予測と連動させている。

そして、経済効果の計測にあたっては、土地利用と地価の予測結果から、現況市街地および治水事業以外の要因により自然に増加した市街地において、治水事業による地価の上昇分を計測し、それに加えて、治水事業によって未利用地が新たに市街化したところについては、新規市街化面積×地価上昇分を計上している。

また、本計測モデルを用いてS川の治水事業の経済効果の計測を行い、本計測モデルの実用性を示した。その結果、総便益は3,095億円となり、総事業費の約10倍という値を得ることができ、この事業の効率性の高さを示すことができた。さらに、直接被害軽減額を計測したところ919億円となり、総便益の約1/2～2/3が間接効果となることが示された。

以上、本研究で提案した治水事業の経済効果の計測手法は、治水事業による土地利用の変化と地価の変化を同時に捉え、かつ、比較的簡単に計測することができる実用的な手法であると考えられる。

なお、本計測モデルは、地価関数の決定については、土地利用が考慮されているが、土地利用の予測式の決定には地価が考慮されておらず、厳密に言えば同時推定を行っていないところに問題点が残っている。したがって、今後の課題としては、土地利用の予測を単なる時系列的なモデルではなく、地価関数に用いた要因などを組み込み、地価関数と同時推定していく必要がある。

最後に、本研究に際して貴重な地価データを提供していただいた不動産鑑定協会の森島氏に深く感謝の意を表する。

【参考文献】

- 1) 建設省河川局編：治水経済調査要綱，1970。
- 2) (財)国土開発技術研究センター：河川事業の高度化効果に関する調査業務報告書，pp.No.6-26～6-45, 1992。
- 3) 宮田謙，安邊英明：地価関数に基づく治水事業効果の計測—千歳川流域を事例として，都市計画学会論文集，No.26, pp.109～114, 1991。
- 4) 建設省土木研究所：河川改修と土地の資産価値に関する研究，1990。
- 5) 建設省東北地建：治水事業の高度化効果について，1985。
- 6) 建設省九州地建：河川改修による経済波及効果検討，1990。
- 7) 建設省東北地建：河川改修のインパクト，1979。
- 8) (社)土木学会：第18回土木計画シンポジウム・都市の土地利用モデル，1984。
- 9) 青山吉隆：土地利用モデルの歴史と概念，土木学会論文集，第347号/IV-1, pp.19～28, 1984。
- 10) Webster, F. V., P. H. Bly and N. J. Paullly : Urban Landuse and Transport Interaction, Policies and Models, Avebury, 1988。
- 11) (社)土木学会：土木工学ハンドブック—第53編，pp.2163～2192, 1989。
- 12) Polinsky, A.M. and S. Shavell: Amenities and Property Values in a model of an urban area, J. of Public Economics 5, pp.119～129, 1976。
- 13) 安藤朝夫：交通施設整備と費用負担の社会的効率性—線形都市計画における解析例，土木計画学研究・論文集，No.1, pp.147～154, 1984。
- 14) Kanemoto, Y.: Hedonic Prices and the Benefits of Public Projects, Econometrica, Vol.56, No.4, pp.981～989, 1988。
- 15) 森杉壽芳：プロジェクト評価に関する最近の話題，土木計画学研究・論文集，No.7, pp.1～33, 1989。
- 16) 金本良嗣：ヘドニック・アプローチによる便益評価の理論的基礎，土木学会論文集，No.449/IV-17, pp.47～56, 1992。
- 17) 大野栄治：ランダム効用理論による交通便益の定義とその計測に関する研究，京都大学博士論文，1992。
- 18) Morisugi, H. and Ohno, E.: A Benefit Incidence Matrix for Urban Transport Improvement, Papers in Regional Science: The Journal of the RISA, Vol.71, No.1, pp.53～70, 1992。
- 19) 平松登志樹，肥田野登：河川環境整備効果の計測手法の比較分析，土木計画学研究・論文集，No.7, pp.107～114, 1989。
- 20) Morisugi, H., Ohno, E. and Miyagi, T.: Measuring Landowners' Share of Total Road Benefits, European Transport and Planning, 18th PTRC Summer Annual Meeting, pp.33～44, 1990。
- 21) 肥田野登，林山泰久：地価指標による都市間交通設備がもたらす便益計測，土木計画学研究・論文集，No.10, pp.175～pp.182, 1992。
- 22) 肥田野登：ヘドニック・アプローチによる社会資本整備便益の計測とその展開，土木学会論文集，No.449/IV-17, pp.37～46, 1992。
- 23) 文献2)，pp.No.7-9
- 24) 国土地理院：1/25,000地形図（岐阜4号-4），1923, 1935, 1957, 1972, 1975, 1978, 1982, 1988
- 25) 建設省河川局：治水経済調査要綱—各種資産評価単価及びデフレーター，1992。