

2-3-2 平常時二次医療圏ハフモデル予測

・ハフモデルの適用範囲

平常時の地域医療計画は二次医療圏を単位としている。そこでハフモデルを適用する範囲として二次医療圏を対象範囲とする。

平常時の外来患者数データのアンケート調査を行った病院の対象地域において、二次医療圏は図 2-6 のようになっている。そのうち、1. 調査対象地域に内包される、2. 都市型災害発生地域と考えられる、という二つの要因から、神戸地区（図 2-7）を二次医療圏ハフモデル適用地域と設定する。

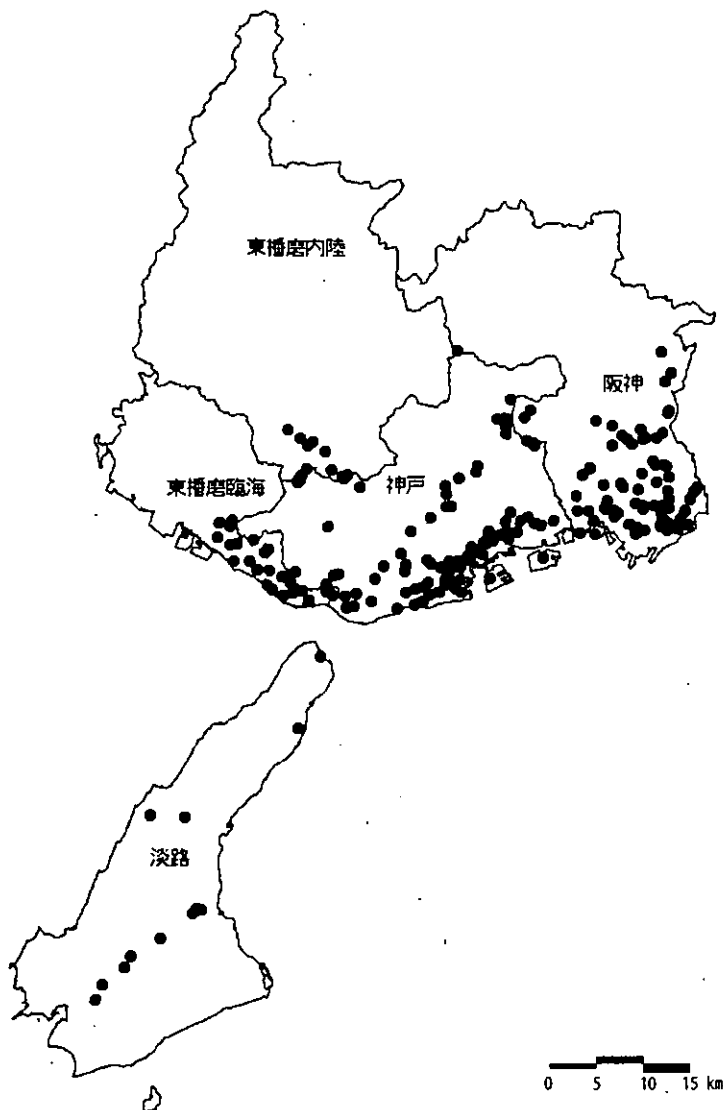


図 2-6 二次医療圏別地図

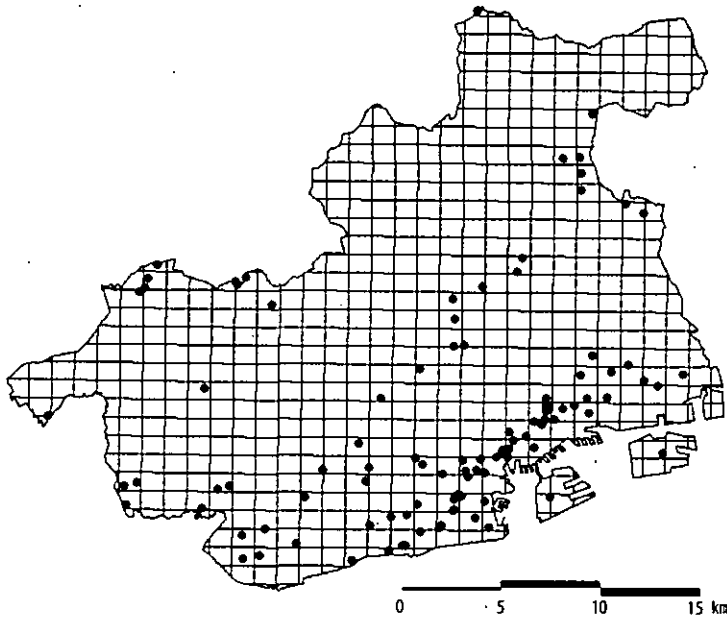


図 2-7 神戸地区病院分布図

・分析方法

平常時の外来患者数に対する距離抵抗係数 λ は、水田らの研究^{文献10,11}では $\lambda = 1.1$ の時もっとも実測値と適合すると示されている。また、高瀬らの研究^{文献12}では重力モデルにならない単純に $\lambda = 2.0$ として用いられている。そこで、ここでは距離抵抗係数 λ を1～3まで1刻みで変化させ、病床数は総病床数と一般病床数の2種類で、②式を用いて予測値の計算を行った。予測値と実測値とで回帰分析を行い、相関係数で評価した。

・分析結果

計算した値と実測値との相関は表 2-2、図 2-8、2-9 のようになった。最も相関が高かったのは、総病床数を用いた場合では $\lambda = 1.0$ の時に約0.847、一般病床数を用いた場合では $\lambda = 2.0$ の時に0.855、という結果であった。

	総病床数	一般病床数
$\lambda = 1$	0.84674	0.57293
$\lambda = 2$	0.79759	0.85581
$\lambda = 3$	0.69518	0.74667

表 2-2 平常時二次医療圏予測値との回帰分析結果

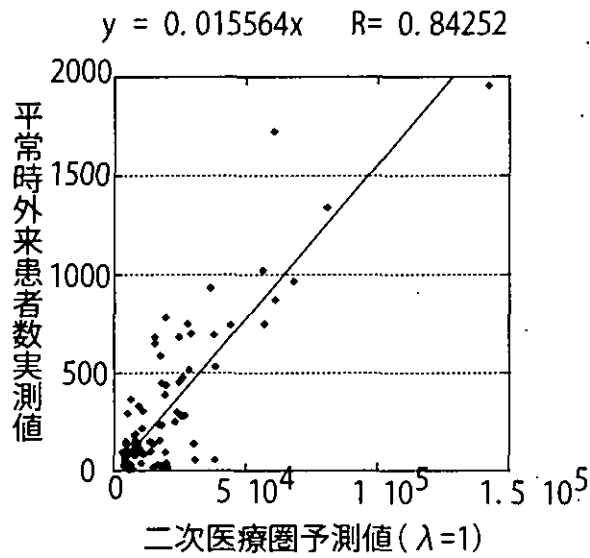


図 2-8 平常時二次医療圏予測値の分布

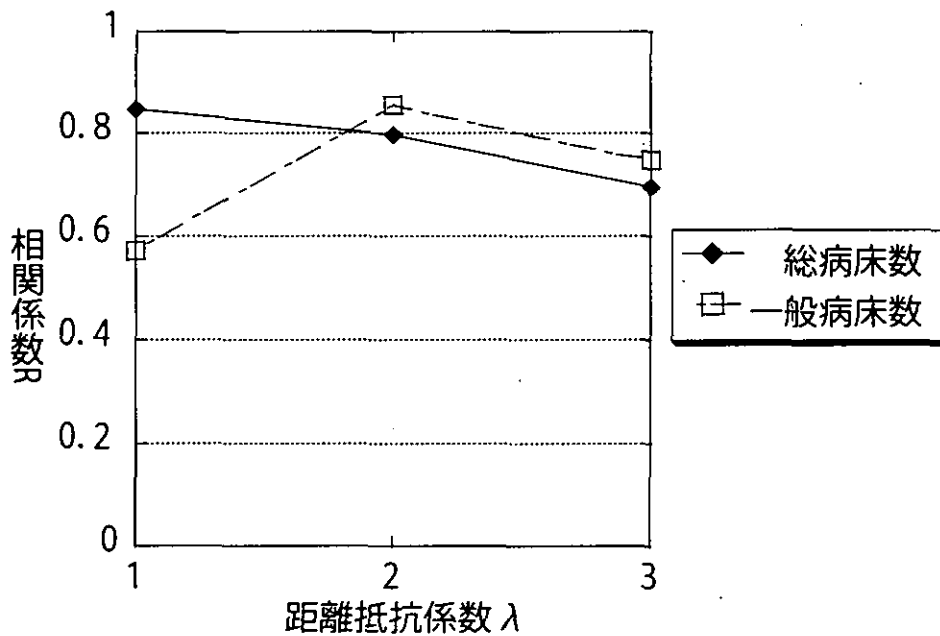


図 2-9 λ と R の関係

2-3-3 平常時徒歩圏ハフモデル予測

ここでは、外来患者の受療行動の可能性を考え、病院の診療圏が徒歩圏である場合を想定し、ハフモデル適用範囲に徒歩圏を用いて予測値を計算した。

・徒歩圏の設定

山下らの研究^{文献1}によれば、平常時の外来患者の受療圏が半径2～3km以内であることが示されている。そこで、3次メッシュ(約1km四方)を縦横5メッシュずつ、計25メッシュ領域を徒歩圏と設定し、平常時の診療圏として想定した。(図2-10)。

・分析方法

アンケートを行った病院のうち、淡路島を除く阪神地域について、各々の病院を中心として25メッシュの徒歩圏域を作成^{註2-12}し、②式を用いて予測値を計算した。

総病床数と一般病床数をそれぞれ用いて、距離抵抗係数 λ を1.0～3.0まで1.0刻みで変化させ、対象病院すべてについて②式を用いて予測値を計算した。

註2-12

本来ハフモデルは、対象領域内の人がどの施設を選択するかを計算するものであり、対象領域内の施設すべてに訪れる人数を正確に表してはいない。対象領域の端になればなるほど、非対象領域から訪れる人数も増えるため、対象領域の中心に存在する施設のみ正確な人数が計算できる。そのため、この徒歩圏域ハフモデルでは1対象領域に対して、中心の1メッシュに存在する病院のみ外来患者数を計算し、予測の精度を上げる試みをしている。

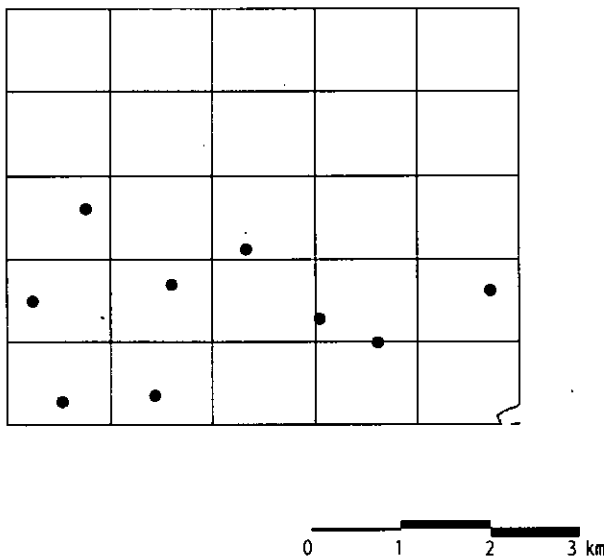


図2-10 徒歩圏域図

・分析結果

予測値と実測値との回帰分析の結果は、相関係数を用いて表 2-3、図 2-11、2-12 のようになった。最も相関が高かったのは、一般病床数を用いて $\lambda = 1.0$ の時に 0.732 であった。

	総病床数	一般病床数
$\lambda = 1$	0.671	0.732
$\lambda = 2$	0.628	0.688
$\lambda = 3$	0.567	0.630

表 2-3 平常時徒歩圏予測値との回帰分析結果

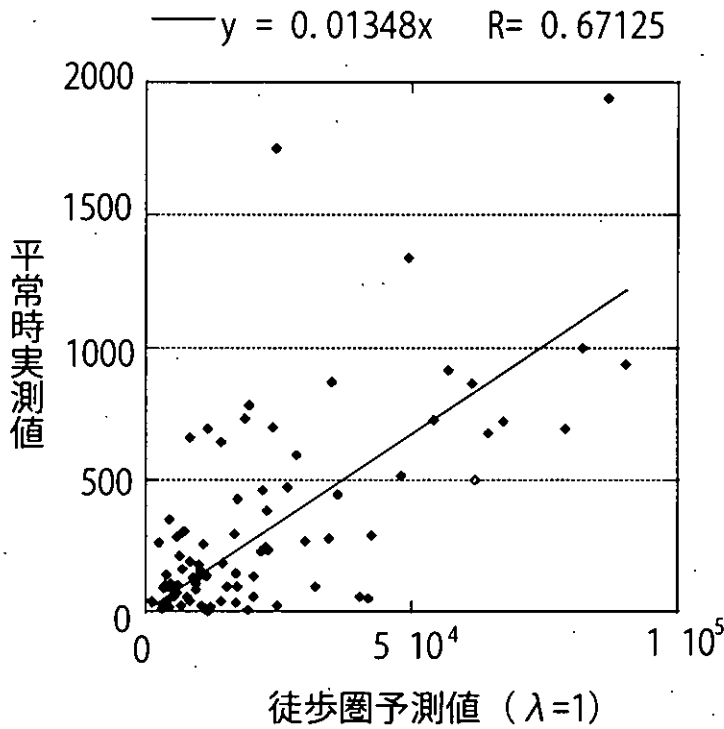


図 2-11 徒歩圏予測値グラフ

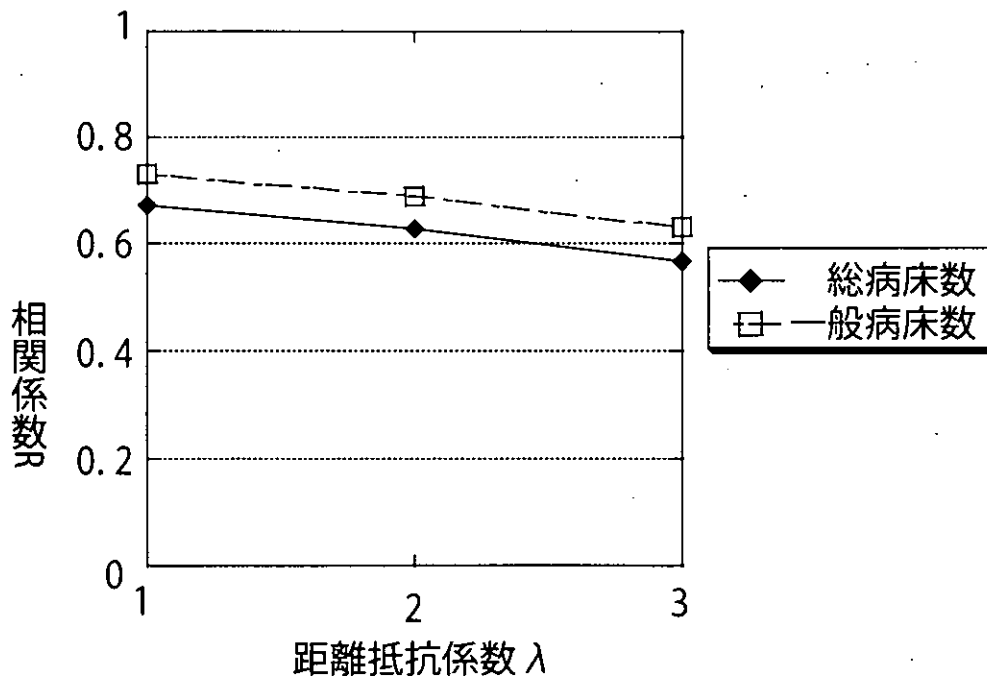


図 2-12 λ と R の関係

2-3-4. 考察と予測式の決定

以上、病床数、二次医療圏ハフモデル、徒歩圏ハフモデルの3手法を用いて実測値との回帰分析を行った結果、一般病床数に対して最も高い相関を示した。しかし、精神病院等一般病床数以外の病床種別を持つ病院にも外来患者が訪れており、予測式に用いることは難しい。また、総病床数に対してもそれ程相関係数が低い訳ではない、といった結果から総病床数を用いることとした。

総病床数との相関(図2-13)で原点を強制通過させた回帰直線式、 $y = 1.51x$ ($R = 0.821$)の係数を用いて、病院jの平常時1日平均外来患者数 P_j の予測式を以下のように決定した。

……③式

$$P_j = 1.51 B_j$$

また、将来的に人口変動があった場合や、新たに病院が増え、競合状況に変化がある場合、ハフモデルを用いた予測も有効である。よって、相関が高かった、二次医療圏ハフモデルに総病床数を用いて $\lambda = 1$ の場合図2-14の回帰直線式、 $y = 0.0156x$ ($R=0.84$)の係数を用いて、予測式を以下のように決定した。

$$P = 1.56 \times 10^{-2} \sum_{i=1}^n \left(\frac{B_j / R_{ij}^{1.0}}{\sum_{j=1}^n B_j / R_{ij}^{1.0}} \times P_{0i} \right)$$

……④式

平常時においては、どちらの予測式も有効であると考えられる。

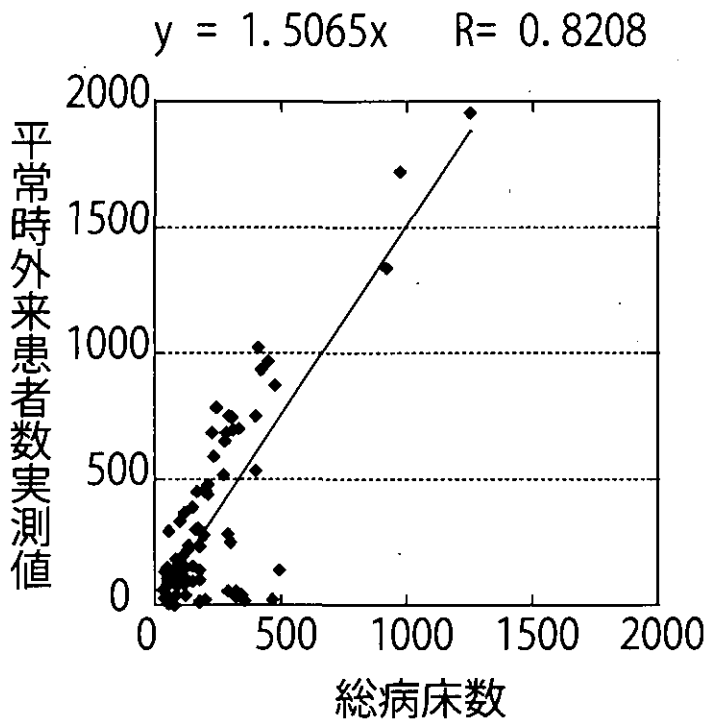


図 2-13 総病床数に対する回帰直線

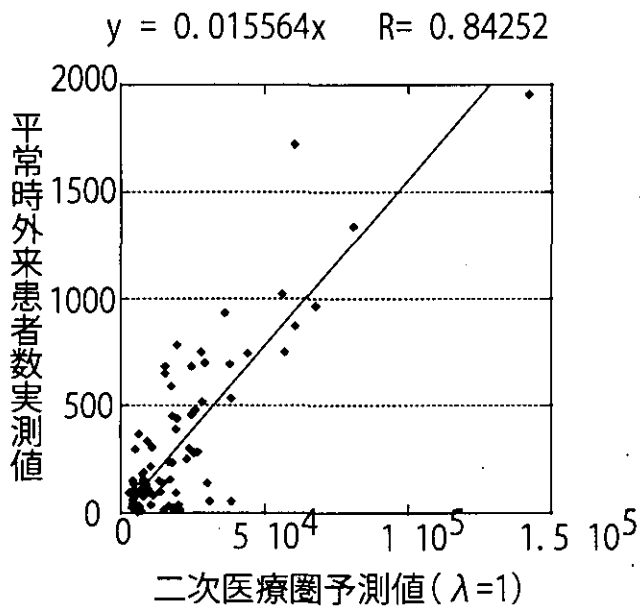


図 2-14 平常時二次医療圏に対する回帰直線

第2章 結果と考察

§ 2-4. 震災時の外来患者数予測

2-4-1 震災時病床数分析

平常時には、§ 2-3 で外来患者数と病床数とが良く相関することが示された。山下らの研究^{文献1}によれば、震災時(想定)に住民は負傷の程度を考えて医療施設を選択しており、「重症の場合、医療施設の選択はその施設の規模に相関し、・・・」
「軽症の場合、施設規模とは関わりなく、約7～8割の住民がボロノイ区域内の病院を選択している。」と、示されている。そこで、施設規模を病床数で表し、実測値との回帰分析を行い患者の受療行動を想定する。

・分析方法

§ 2-3 と同様に外来患者数の実測値と病床数との回帰分析を行い、相関係数で適合性を評価する。大森らの研究^{文献4,5,6}によれば、「負傷者が出た世帯の半数以上(52.5%)が、地震発生後3日間のうちに治療を受けるために医療機関へ行っている。」と示されている。そこで、震災時外来患者数データのうち震災発生から3日目までのデータを分析に用いることとする。

・分析結果

相関係数の結果は表 2-4,2-5,2-6、図 2-15,2-16,2-17 のようである。§ 2-3 での結果に比べると明らかに相関係数の値が低く、震災時の外来患者数と病床数は相関しないことがわかった。このことから、震災時には平常時とは異なった外来患者の受療行動が発生していることが想定される。

	合計1日目	合計2日目	合計3日目
総病床数	0.211	0.155	0.181
一般病床数	0.277	0.229	0.253

表 2-4 外来合計患者数との相関係数

	軽傷1日目	軽傷2日目	軽傷3日目
総病床数	0.205	0.149	0.167
一般病床数	0.265	0.217	0.235

表 2-5 外来軽症患者数との相関係数

	重傷1日目	重傷2日目	重傷3日目
総病床数	0.248	0.195	0.262
一般病床数	0.295	0.250	0.314

表 2-6 外来重症患者数との相関係数

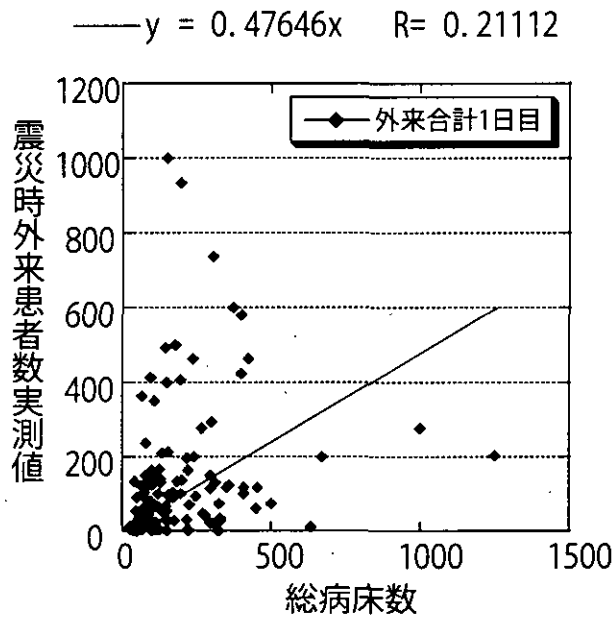


図 2-15 総病床数と外来合計との関係

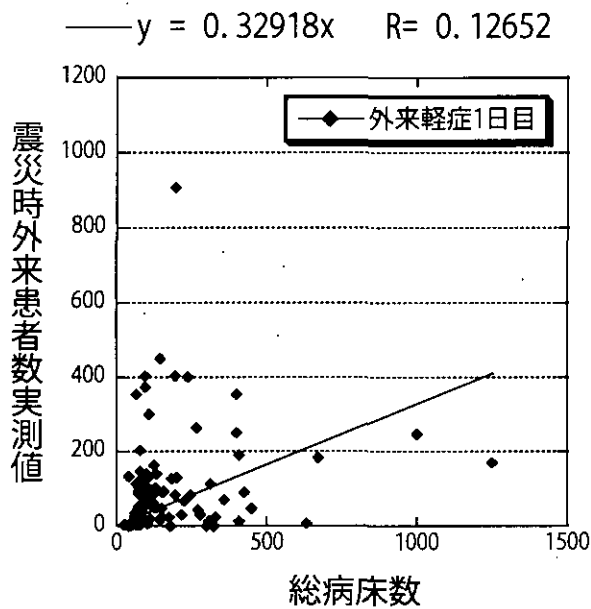


図 2-16 総病床数と外来軽症との関係

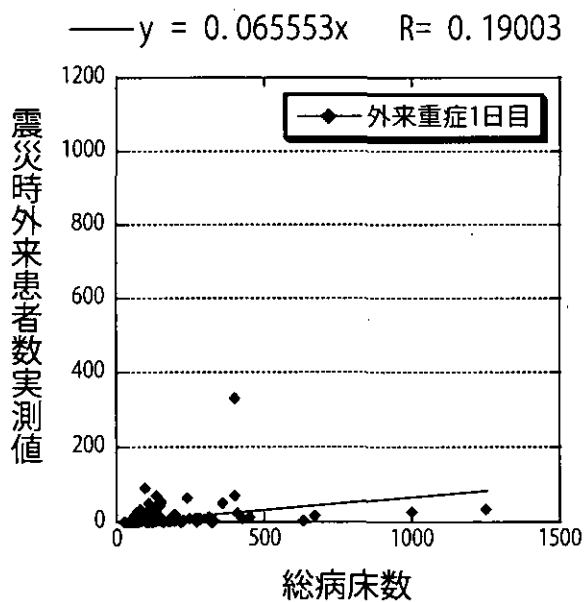


図 2-17 総病床数と外来重症との関係

2-4-2. 震災時二次医療圏ハフモデル予測

・分析方法

2-3-2と同様に診療圏が二次医療圏であると想定し、ハフモデル適用範囲を二次医療圏とした。②式を用いて、距離抵抗係数 λ を1.0から5.0まで1.0刻みで変化させ予測値を計算した。予測値と実測値の回帰分析を行い、相関係数で評価した。

・分析結果

予測値と実測値との相関は表 2-7,2-8,2-9、図 2-18,2-19 のようになった。最も良い相関係数でも 0.3 程度で相関が良いとは言えず、2 次医療圏を対象領域としたハフモデル予測値と外来患者数の実測値とは相関しないことがわかった。

	合計 1 日目	合計 2 日目	合計 3 日目
$\lambda = 1$	0.248	0.181	0.174
$\lambda = 2$	0.301	0.266	0.243
$\lambda = 3$	0.299	0.273	0.242
$\lambda = 4$	0.274	0.242	0.211
$\lambda = 5$	0.249	0.212	0.182

表 2-7 二次医療圏域予測値と外来合計実測値との相関係数

	軽傷 1 日目	軽傷 2 日目	軽傷 3 日目
$\lambda = 1$	0.252	0.180	0.165
$\lambda = 2$	0.298	0.260	0.231
$\lambda = 3$	0.298	0.267	0.232
$\lambda = 4$	0.276	0.237	0.204
$\lambda = 5$	0.255	0.208	0.178

表 2-8 二次医療圏域予測値と外来軽傷実測値との相関係数

	重傷 1 日目	重傷 2 日目	重傷 3 日目
$\lambda = 1$	0.242	0.166	0.207
$\lambda = 2$	0.309	0.233	0.236
$\lambda = 3$	0.310	0.254	0.223
$\lambda = 4$	0.280	0.247	0.193
$\lambda = 5$	0.252	0.234	0.167

表 2-9 二次医療圏域予測値と外来重傷実測値との相関係数

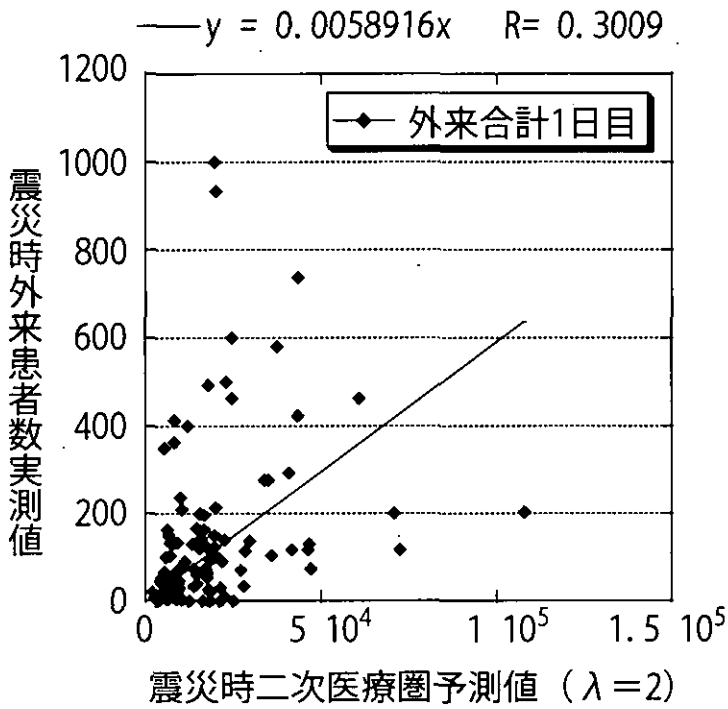


図 2-18 予測値と実測値の関係

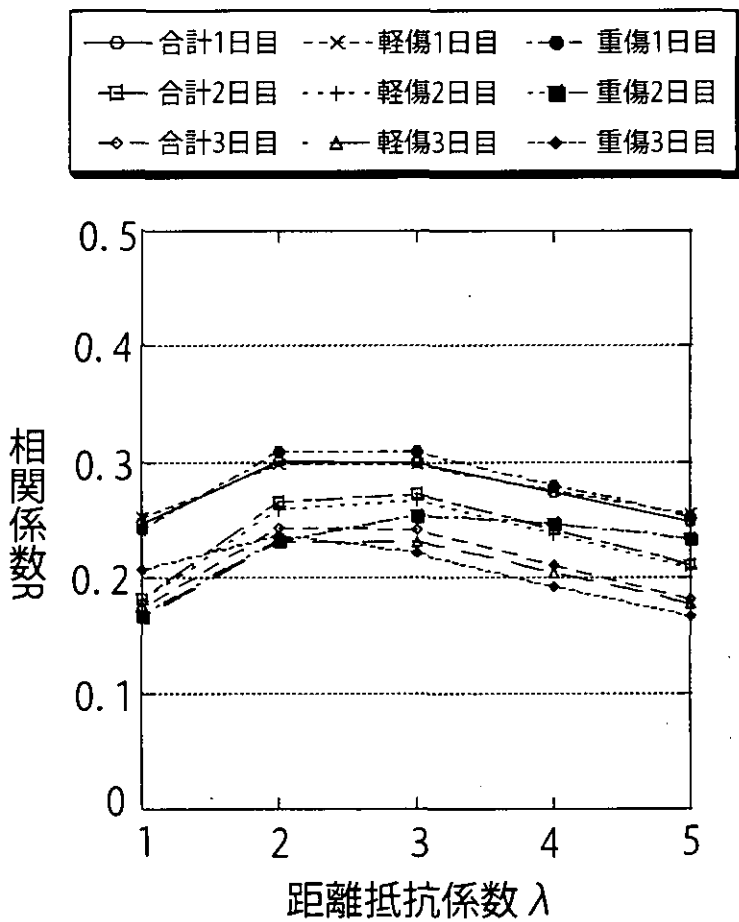


図 2-19 $\lambda \times R$ の関係

2-4-3. 震災時ポロノイ分析

山下らの研究^{文献1}によれば、震災時（想定）に住民は負傷の程度を考えて医療施設を選択しており、

「重症の場合、医療施設の選択はその施設の規模に相関し、都市域ではポロノイ区域内での受療行動が一般的に低く、施設密度の低い地域では高くなる傾向がある。」

「軽症の場合、施設規模とは関わりなく、約7～8割の住民がポロノイ区域内の病院を選択している。」

と、示されている。

とすれば、震災時における各病院の外来患者数は、少なくとも軽症の場合について、ポロノイ区域内人口に比例すると考えられる。そこで、各病院のポロノイ区域内人口を算出し、2-1-2で求めた震災時外来患者数実測値との回帰分析を行い、相関を見た。震災1日目の外来合計、外来軽症、外来重症との関係は図2-20,2-21,2-22のようになった。

外来合計、外来軽症、外来重症ともに相関係数は0.1以下と低く、ポロノイ区域内人口と震災時の外来患者数は相関しないことが分かった。大森らの研究^{文献4,5,6}では、兵庫県南部地震時に負傷者が医療機関を選択した理由として最も多かった意見として、「一番近い医療機関であったから（35.8%）」とあり、震災時の外来患者の受療行動が徒歩圏にあることは明らかである。よってこの結果から、震災時の患者の受療圏が徒歩圏であることを否定することはできないが、実際の震災時には、患者の受療行動にさらに別の要因が加わっていることが推測される。

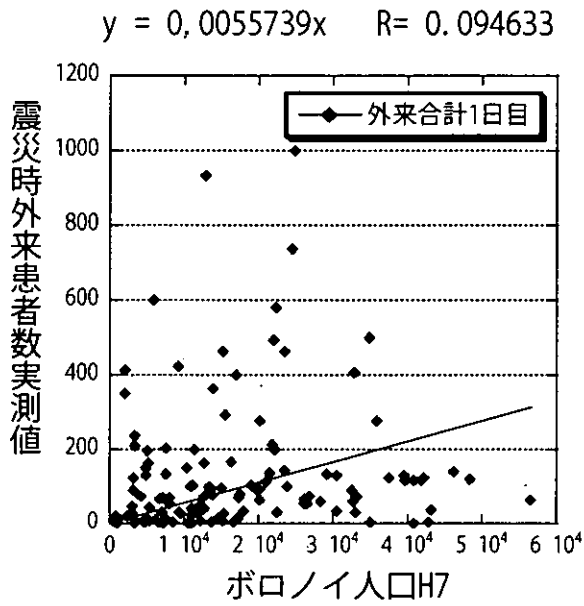


図 2-20 ボロノイ人口と外来合計の関係

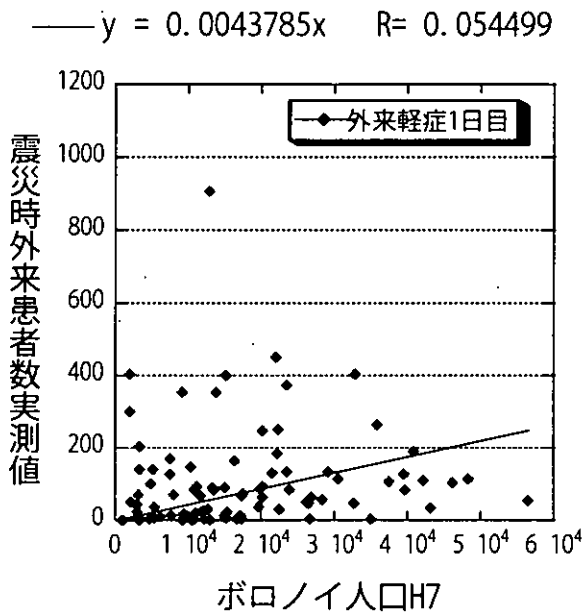


図 2-21 ボロノイ人口と外来軽症の関係

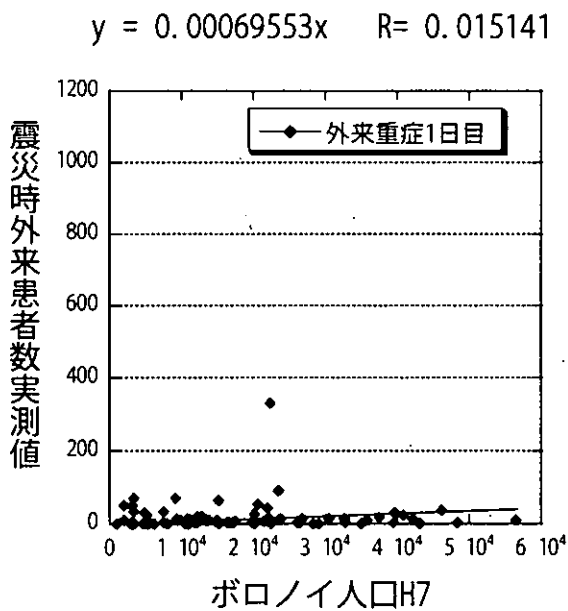


図 2-22 ボロノイ人口と外来重症の関係

2-4-4 震災時徒歩圏ハフモデル分析

・徒歩圏の設定

山下らの研究^{文献1}において、震災時（想定）の外来患者の受療圏はおおむね半径1.5～2kmの範囲内（徒歩限界）にあることが示されている。そこで、2-3-3と同様に5×5メッシュ領域を徒歩圏と設定し、震災時の診療圏として想定した。

・距離の扱い

②式の計算で用いられる直線距離Rを、

1. そのまま用いた「被災度無し」のパターン
2. 被災度のパラメータを入れた「被災度有り」のパターンの2種類を用いることとした。

「被災度有り」は、住民の居住地域の被災度が大きいほど、交通機関が限られ、目的の病院へ到達しにくくなる（距離が大きくなる）と想定し、直線距離Rに建物全壊率D（棟数ベース）を以下の式のように組み込むことで、居住地域の被災度を直線距離に反映させることを意図している。

$$R' = R \times (1 + D)$$

・分析方法

2-3-3の方法と同様に、各々の病院について5×5メッシュの領域範囲に対して②式を用いて予測値の計算を行った。2-3-3の結果より、病床数には総病床数を用いることとした。プレ予測としてλを1.0～5.0まで1刻みで変化させ計算し、回帰分析を行った。相関が最も良かったλ値の前後をさらに0.1刻みで変化させ計算し、回帰分析を行うことで、最も相関の良いλを導いた。

・被災度データの概要

文献17より被災度データ(GISデータ)を入手し、MapInfo形式のデータに変換した。図2-23の彩色範囲に示される町丁目別のデータを面積比によりメッシュごとのデータに変換した。メッシュごとの建物被害棟数を以下の式に代入し、メッシュごとの全壊率Dを求めた。

$$\text{全壊率}D = \frac{\text{全壊または大破の建築物}}{\text{全建築物} - \text{火災による損傷建築物} - \text{未調査・不明建築物}}$$

町丁目境界ポリゴンデータ: 全壊率_用途計_棟数を使用

■	0.33 - 1	(581)
■	0.1 - 0.33	(692)
■	0.01 - 0.1	(813)
■	0 - 0.01	(249)
■	0 - 0	(1323)

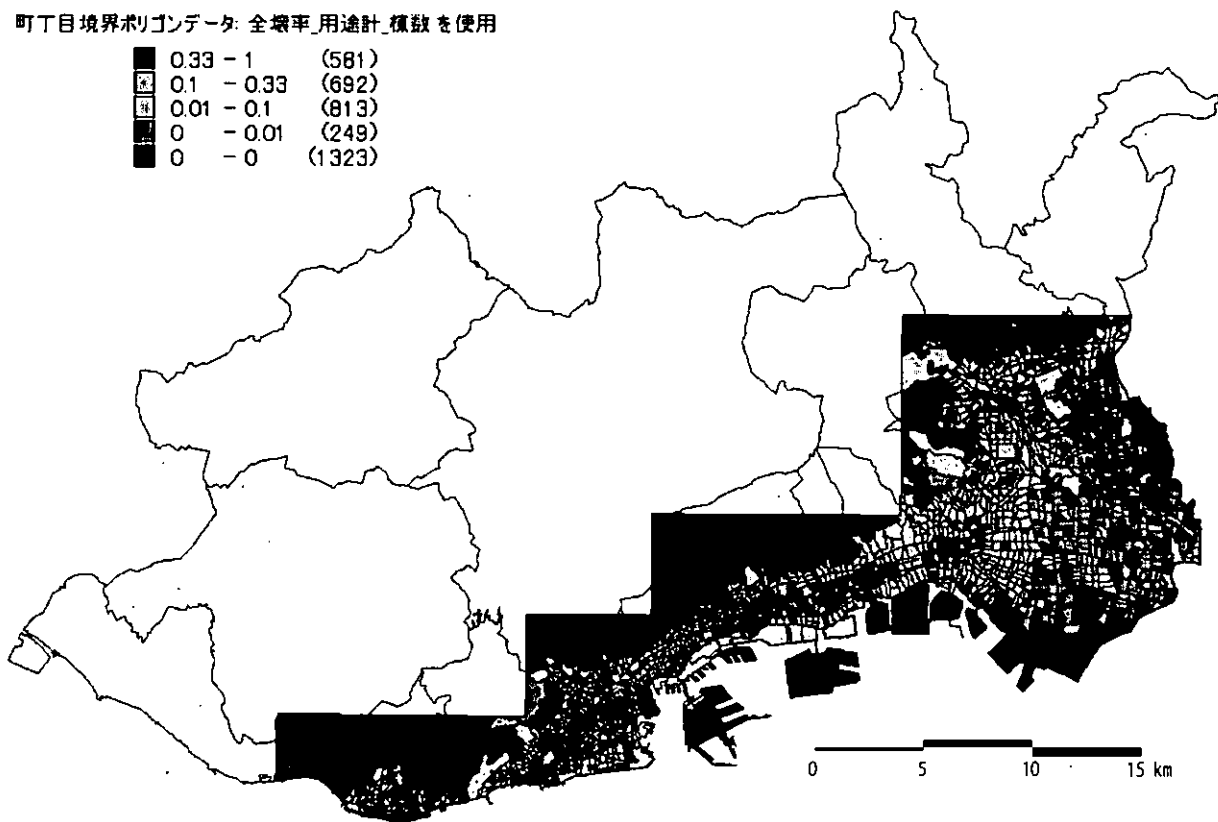


図2-23 町丁目別全壊率分布図

第 2 章 結果と考察

・プレ分析結果

徒歩圏予測値と外来患者数実測値との回帰分析結果は、距離抵抗係数 λ と相関係数 R を用いて表 2-9、2-10、図 2-24、2-25 のようである。

「被災度無し」、「被災度有り」いずれの場合も、外来合計、外来軽症、外来重症の実測値に対して相関は低い。これは、2-4-3 で行ったボロノイ分析でも明らかになったように、震災時の外来患者の受療行動が、単に徒歩圏で表せるものではないことを示唆している。

一方、兵庫県南部地震の既往研究^{文献7}では、全壊率と重症者率との関係は、「全壊率が 10% 以内のとき重症者数 10%、20% 以上では 5%（死亡者数に変化するため）、10～20% の間は線形的に減少する関係にある。」とある。これは全壊率の大きさにより死傷者の構成割合が変化することを示している。つまり、徒歩圏という限られた領域内での全壊率の違いが、外来患者の受療行動へ影響与えているのではないかと考えられる。そこでハフモデル適用範囲として作成した、5×5メッシュの徒歩圏領域における被災度分布について、全壊率分布からみてみることにする。

入値	合計1日目	合計2日目	合計3日目
1	0.291	0.304	0.291
2	0.286	0.288	0.263
3	0.259	0.246	0.216
4	0.227	0.198	0.165
5	0.221	0.130	0.130

入値	軽症1日目	軽症2日目	軽症3日目
1	0.279	0.297	0.284
2	0.278	0.281	0.256
3	0.256	0.239	0.209
4	0.226	0.191	0.160
5	0.229	0.131	0.131

入値	重症1日目	重症2日目	重症3日目
1	0.281	0.214	0.229
2	0.256	0.204	0.213
3	0.222	0.184	0.183
4	0.192	0.163	0.150
5	0.191	0.166	0.127

表 2-9 被災度無し相関係数表

入値	合計1日目	合計2日目	合計3日目
1	0.264	0.283	0.271
2	0.234	0.251	0.230
3	0.195	0.205	0.179
4	0.154	0.156	0.129
5	0.120	0.118	0.097

入値	軽症1日目	軽症2日目	軽症3日目
1	0.255	0.277	0.264
2	0.231	0.246	0.224
3	0.198	0.199	0.173
4	0.161	0.151	0.124
5	0.130	0.113	0.092

入値	重症1日目	重症2日目	重症3日目
1	0.251	0.187	0.217
2	0.209	0.161	0.194
3	0.168	0.130	0.162
4	0.134	0.102	0.129
5	0.108	0.080	0.107

表 2-10 被災度有り相関係数表

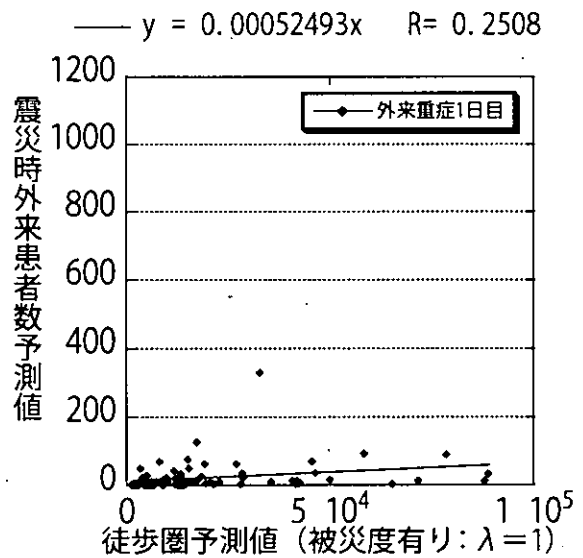
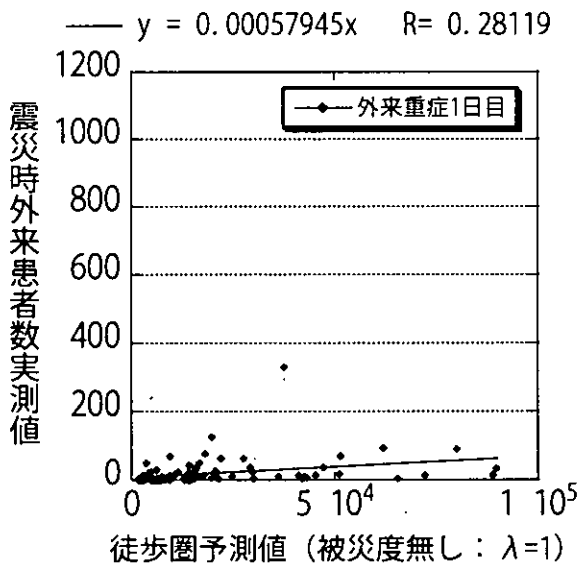
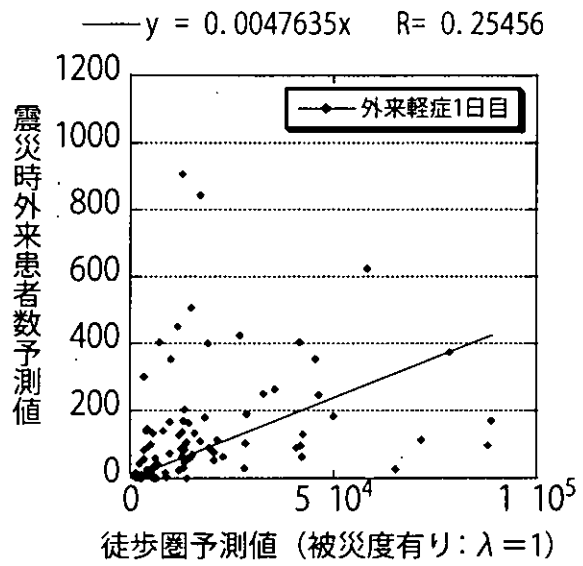
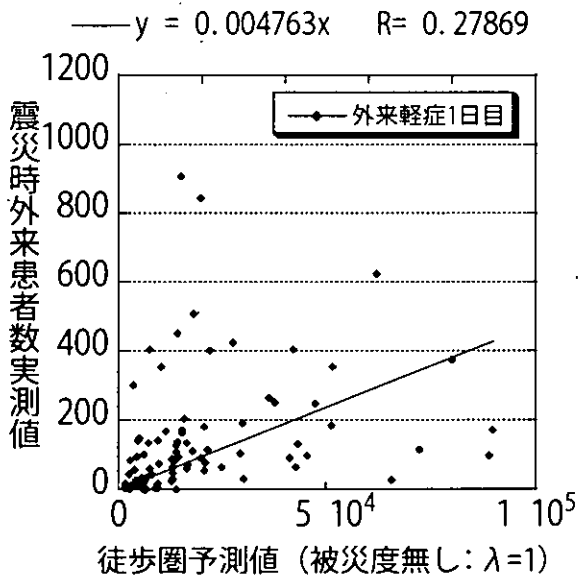
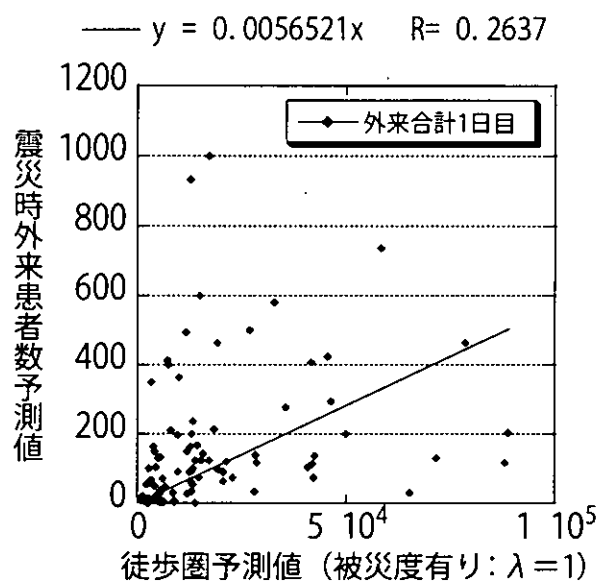
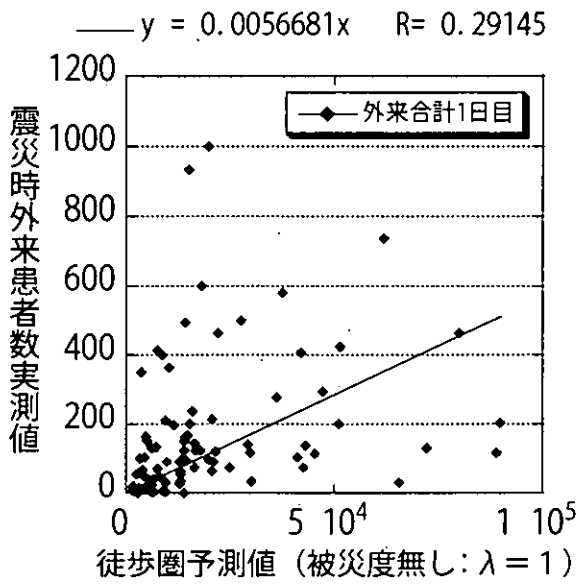


図 2-24 被災度無し分布図

図 2-25 被災度有り分布図

先に述べた既往調査より、重傷者率に変化が見られ始める全壊率 10% が、負傷者の受療行動に変化が起こる指標になると考えられる。そこで、図 2-26 に示される全壊率分布を作成した徒歩圏領域と重ねあわせ、各々の病院が持つ徒歩圏領域の全壊率分布^{註 2-12}がどのようになっているかを見た。結果は図 2-27, 2-28 のようになった。同じ被災地でも全壊率分布に大きな差が見られることがわかる。そこで、全壊率 10% を境目として、病院が形成する徒歩圏を

註 2-12 全壊率はメッシュごとにも算出されているが、今回はより正確な全壊率分布を見るためにオリジナルデータである町丁目別の全壊率分布を用いることとする。

・「被害大」地域：(図 2-27)

対象領域の全壊率が 10% 以上の部分が面積の 50% 以上を占める地域とする。

・「被害小」地域：(図 2-28)

領域の 4 分の 3 以上が全壊率 = 0 の地域とする。

と分類して、それぞれの分類について徒歩圏予測値と実測値との回帰分析を行い相関を見ることにした。

町丁目境界ポリゴンデータ: 全壊率_用途計_棟数を使用

■	0.33 - 1	(581)
■	0.1 - 0.33	(692)
■	0.01 - 0.1	(813)
■	0 - 0.01	(249)
■	0 - 0	(1323)

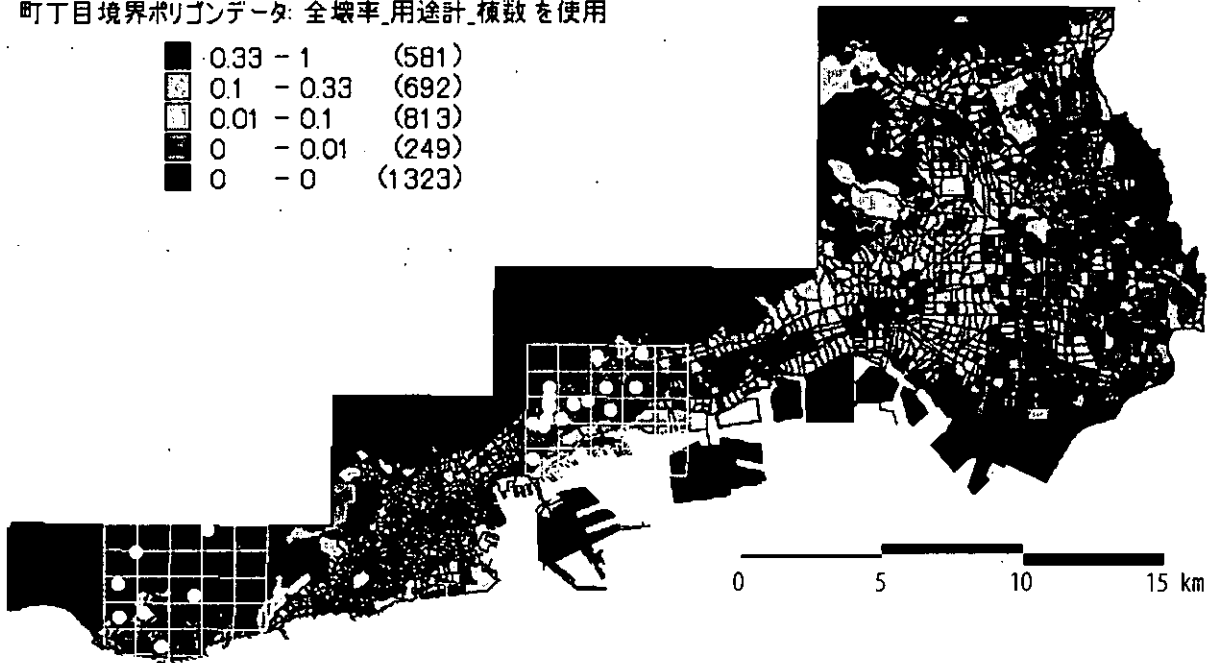


図 2-26 被災地域全壊率分布図



図 2-27 被害大地域徒歩圏病院分布図

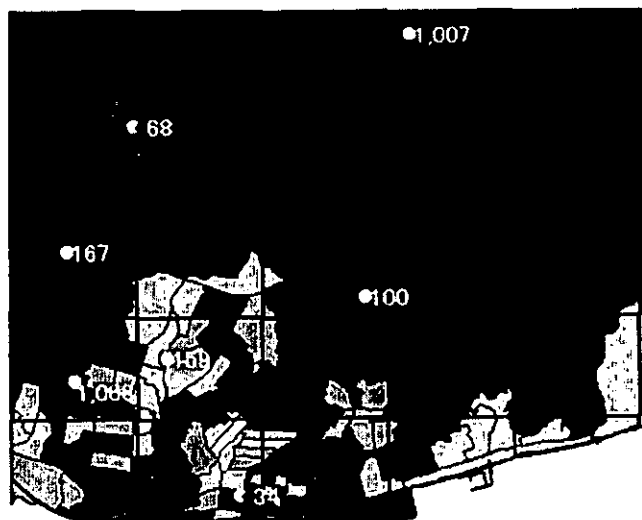


図 2-28 被害小地域徒歩圏病院分布図