

Small Area Estimation in Daegu Metropolitan City

이 상 복 (대구가톨릭대학교 교수)

1. Small Area Statistics

- Needs of Small Area Statistics
 - 통계청 : 전국 표본통계
 - > 광역시·도 지방자치단체 표본통계
 - > 구·군 단위 표본통계
 - 해외사례 : 호주, 영국 등
- Estimation
 - Model base ~ Normal distribution
 - Data based ~ Bayesian estimation

1) Model Based Estimation of Population

1) 선형모형(Linear growth model)

- 초기의 인구 P_0 , t 기의 인구 P_t 매기의 인구증가량이 a 라 하면

$$P_t = P_0 + a * t$$

- 인구변화량 계수 a 는 인구의 연평균 증가율임.

2) 다차성장모형(Polynomial growth model)

- 인구변화의 형태를 보다 융통성 있게 수용하기 위해 시간변수(t)의 다차식으로 설정함,
가장 간단한 예는 다음과 같은 2차 성장모형임.

$$P_t = a + \beta_1 t + \beta_2 * t^2$$

3) 지수성장모형(exponential growth model)

- 초기의 인구 P_0 , t 기의 인구 P_t , 매기의 인구성장률 r 이라 하면

$$P_t = P_0 (1 + r)^t$$

- 인구성장률 r 은 자연대수를 취하여 $\log P_t = \log P_0 + t \log(1 + r)$

4) 수정지수모형(Revised exponential growth model)

- 초기의 인구를 P_0 , t 기의 인구를 P_t , 인구성장의 한계값을 P_∞ , 비례율을 q 라 하면

$$P_t = P_\infty - (P_\infty - P_0)(1 - q)^t$$

5) 고펜르쯔모형(Gompertz model)

- 초기의 인구를 P_0 , t 기의 인구를 P_t , 인구성장의 한계값을 P_∞ , 반비례율을 $\log b$ 라 하면

$$P_t = P_\infty \left(\frac{P_0}{P_\infty} \right)^{b^t}$$

- 자연대수를 취하면 수정지수모형과 같은 형태를 보임.

6) 로지스틱모형(Logistic model)

- 초기의 인구를 P_0 , t 기의 인구를 P_t , 인구성장의 한계값을 P_∞ , $k = \frac{P_\infty}{P_0} - 1$ 이라 하면

$$P_t = \frac{P_\infty}{1 + kr^{-rt}}$$

6) 자기회귀모형(Autoregressive model)

- t 기의 인구를 P_t , $(t-k)$ 기의 인구를 P_{t-k} 라고 하면

$$P_t = a + \beta_1 P_{t-1} + \beta_2 P_{t-2} + \dots + \beta_p P_{t-p}$$

- 과거 p기 전까지의 인구들이 t기의 인구 P_t 에 영향을 준다고 할 경우의 위 식을 p차 자기회귀모형(Autoregressive model of lag p, AR(p))이라고 함.
- 바로 전기(t-1)의 인구가 t기의 인구 P_t 에 중요하게 영향을 주는 경우, AR(1)모형이 되며

$$P_t = \alpha + \beta_1 P_{t-1}$$

7) 다중선형회귀 모형(Multiple linear regression model)

- t기의 인구를 P_t , 관련변수를 x_1, x_2, \dots, x_p 라고 하면

$$P_t = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p$$

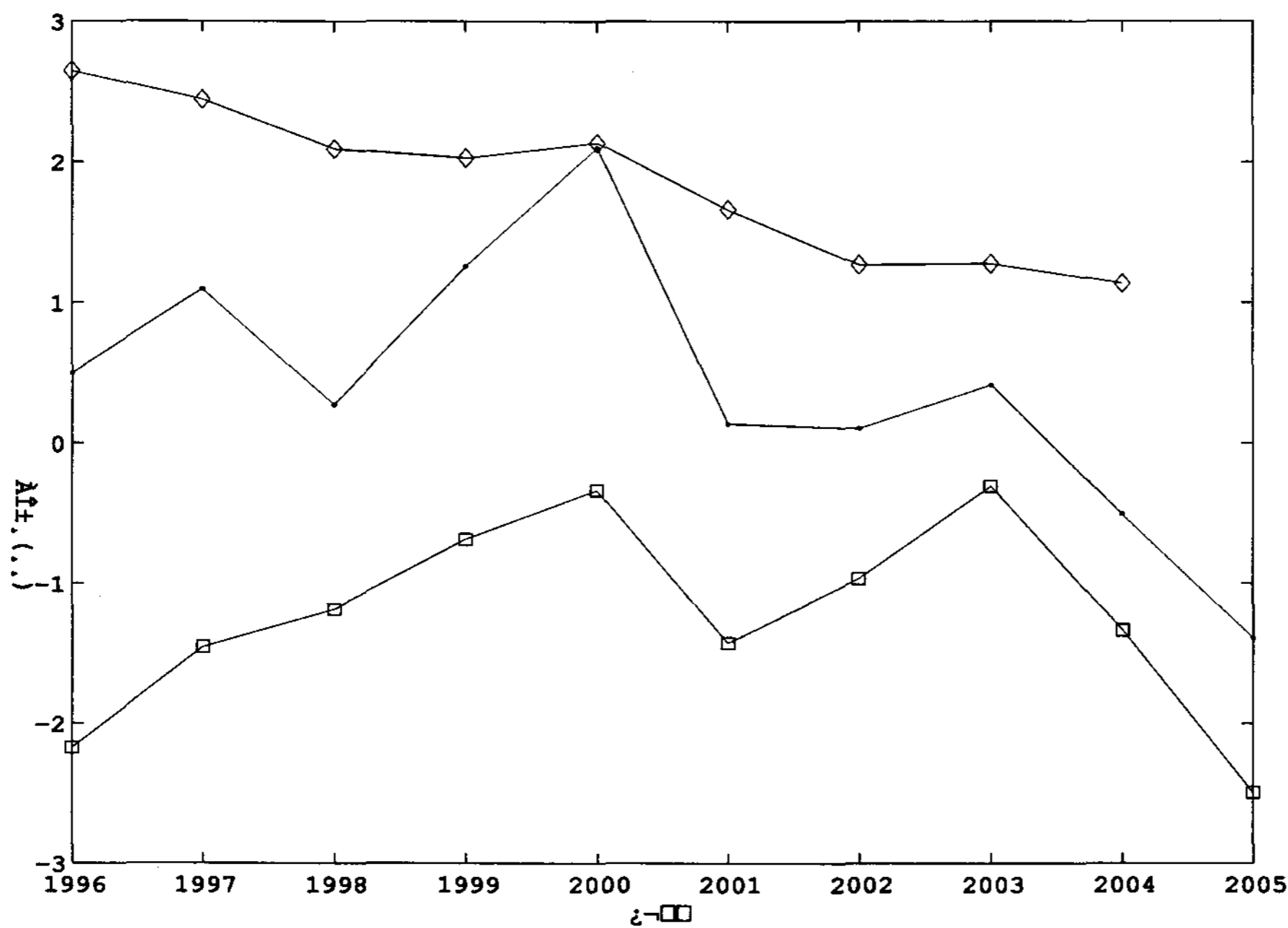
8) 코호트모형(Cohort model)

- 시간의 흐름과 연령층별 인구변화를 결합시켜 적용하는 방법.
- t기의 인구를 P_t , 출생수를 B_t , 사망수를 D_t , 전입수를 IM_t , 전출수를 EM_t 라 하면

$$P_{t+1} = P_t + B_t - D_t + IM_t - EM_t$$

2. 대구시 인구변동의 요인 분석

- 1인당 GNI(Gross National Income, 국민총수입)
- 대구시 실업률
- 대구시 세대당 인구
- 경상북도의 인구 증가량
- 대구시 주택건설수
- 대구시 자연변동(출생수-사망수)
- 대구시 사회변동(전입수-전출수)
- 대기업종사자수증가량 등의 변수를 사용
- 상관분석 결과 상관계수가 높고, 의미있는(유의확률이 작은) 것



<그림2-1> 대구시인구증가량과 자연변동, 사회변동
 (--- : 인구증가량, ◇ : 자연변동, □ : 사회변동)

3. Small Area Estimation of Population in Daegu

1) 전체인구 추계

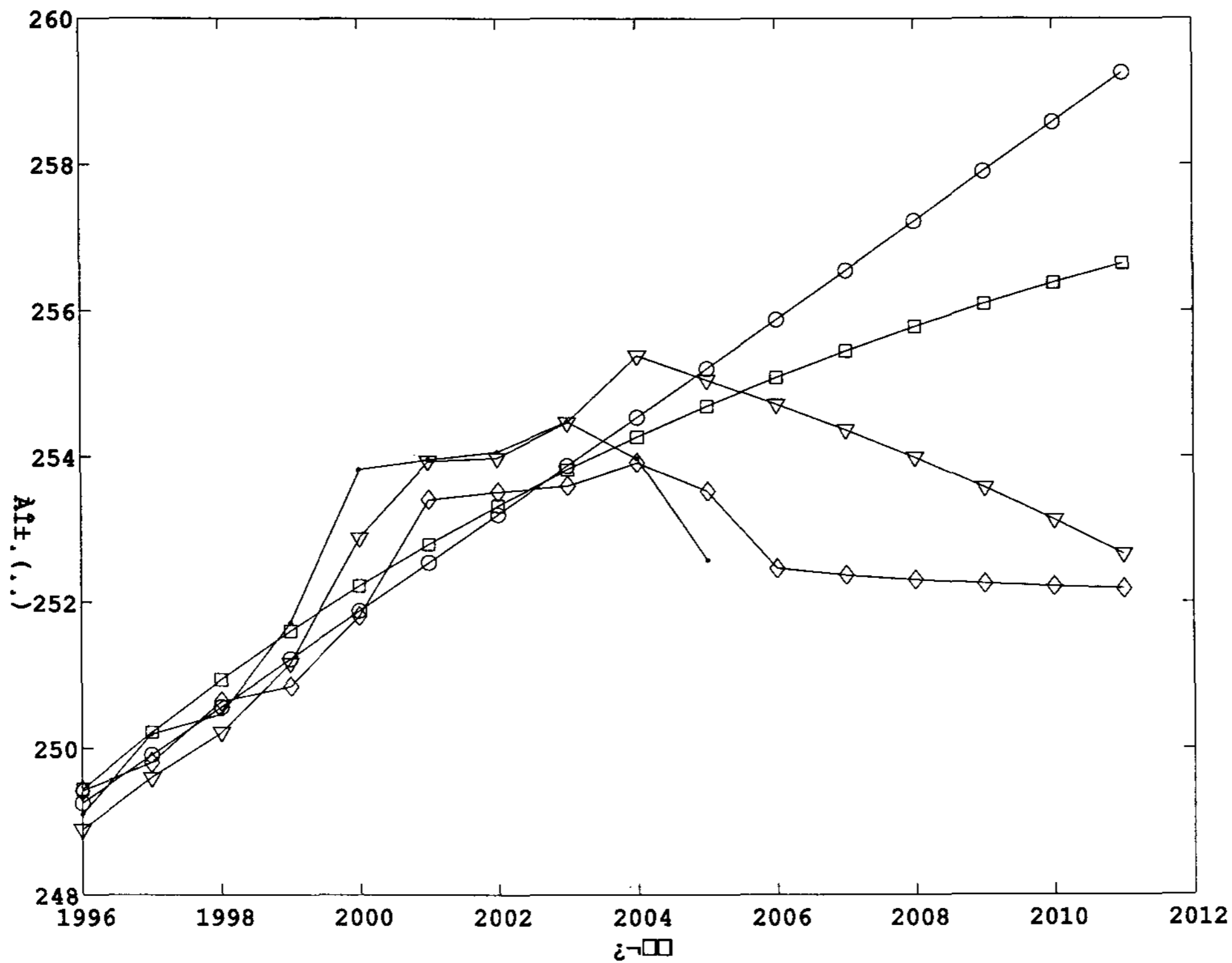
대구시의 장래인구를 전망하는데 있어, 기존의 인구추계방법중에서 지수성장모형, 수정지수모형, 고펜르츠모형, 로지스틱모형, 1차자기회귀모형을 적용하였다. 대구의 행정구역이 1995년의 확장(달성군 편입으로 광역시로 승격)이후 현재의 행정구역을 유지하고 있기 때문에 인구추계의 기준연도(P_0)를 1995년으로 하였으며, 실제 인구자료(1995년-2005년, 시청DB)가 많지 않으므로 인구추계의 최종목표연도를 2011년으로 하였다.

그리고 수정지수모형, 고펜르츠모형, 로지스틱모형을 적용할 때 필요한 인구성장의 한계값(P_∞)을 260만으로 하였다.

<표 3-1> 대구시 인구에 대한 추계

	실제인구	지수	수정지수	곰	로지	AR(1)	통계청
2000	2,538,212	2,518,806	2,522,219	2,522,168	2,522,117	2,518,066	2,528,863
2002	2,540,647	2,532,058	2,533,254	2,533,239	2,533,224	2,535,181	2,539,843
2004	2,539,738	2,545,380	2,542,724	2,542,753	2,542,782	2,539,176	2,553,885
2005	2,525,836	2,552,068	2,546,942	2,546,994	2,547,046	2,535,297	2,550,516
2006		2,558,773	2,550,850	2,550,924	2,550,999	2,524,667	2,547,186
2007		2,565,495	2,554,469	2,554,566	2,554,662	2,523,772	2,543,704
2008		2,572,236	2,557,823	2,557,939	2,558,055	2,523,089	2,539,926
2009		2,578,993	2,560,929	2,561,064	2,561,199	2,522,566	2,535,779
2010		2,585,769	2,563,806	2,563,958	2,564,110	2,522,166	2,531,342

자료 : 대구시청 통계DB, 1996년-2005년 실제인구



<그림 3-1> 대구시 인구에 대한 추계

(-.- : 실제인구, -○- : 지수성장모형, -□- : 수정지수모형, -◇- : AR(1)모형, -△- : 통계청)

$$P_t = P_0(1+r)^t$$

$$P_t = P_\infty - (P_\infty - P_0)(1-q)^t$$

$$P_t = a + \beta_1 P_{t-1}$$

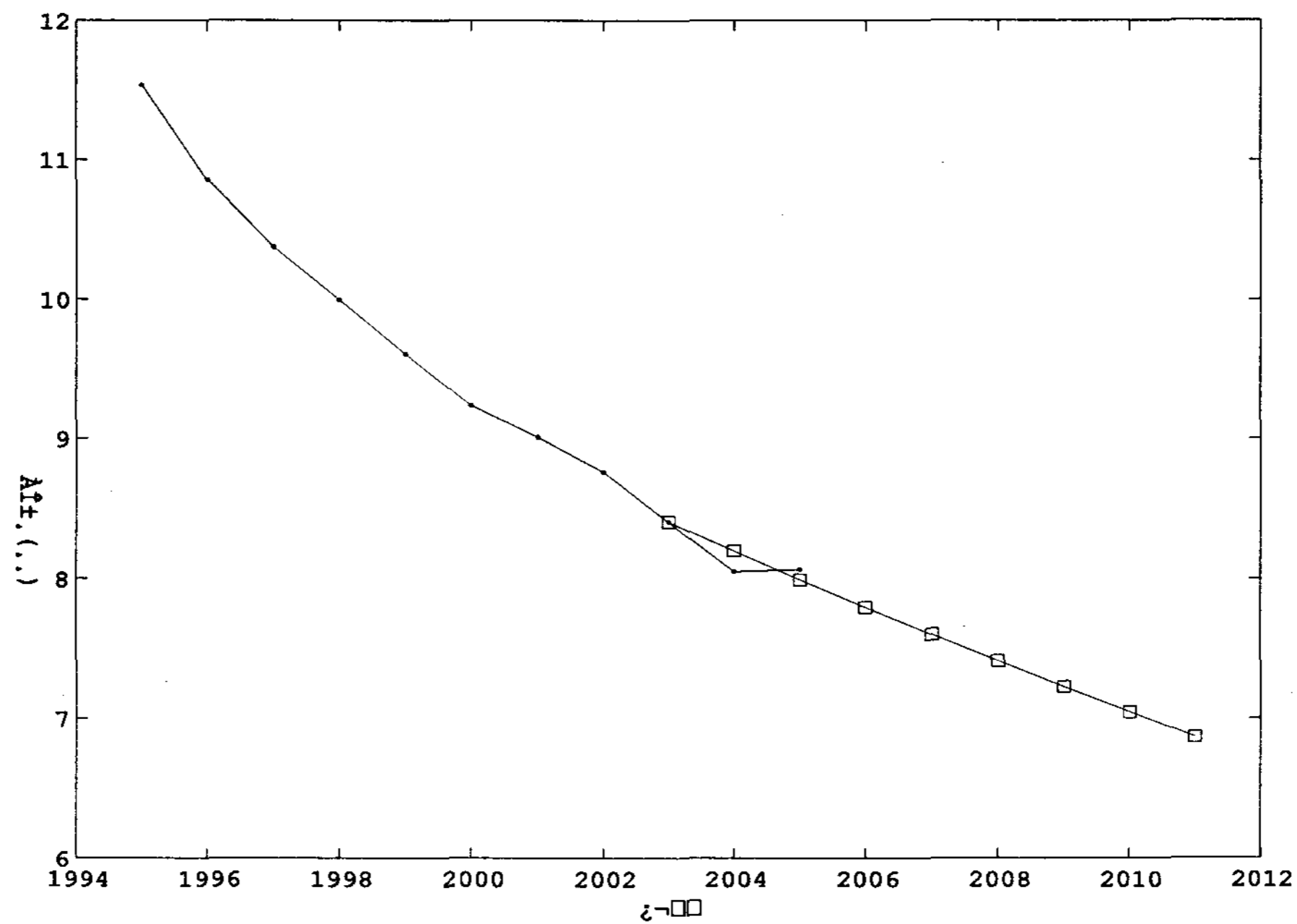
$$P_{t+1} = P_t + B_t - D_t + IM_t - EM_t$$

2) 구·군별 장래인구 추계

<표 3-2> 대구시 구군별 장래인구 추계

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
중구	80,693	77,955	76,007	74,107	72,255	70,450	68,689
동구	345,096	351,853	356,349	360,846	365,342	369,838	374,335
서구	252,881	250,162	246,445	243,532	241,423	240,119	239,618
남구	180,571	175,636	172,177	168,787	165,464	162,205	159,012
북구	466,768	470,928	480,119	489,489	499,042	508,781	518,710
수성구	438,612	436,583	432,884	429,185	425,486	421,788	418,089
달서구	600,852	599,639	596,921	594,202	591,484	588,766	586,047
달성군	160,363	159,834	159,659	159,271	158,669	157,854	156,826
계	2,525,836	2,522,590	2,520,561	2,519,419	2,519,165	2,519,801	2,521,326

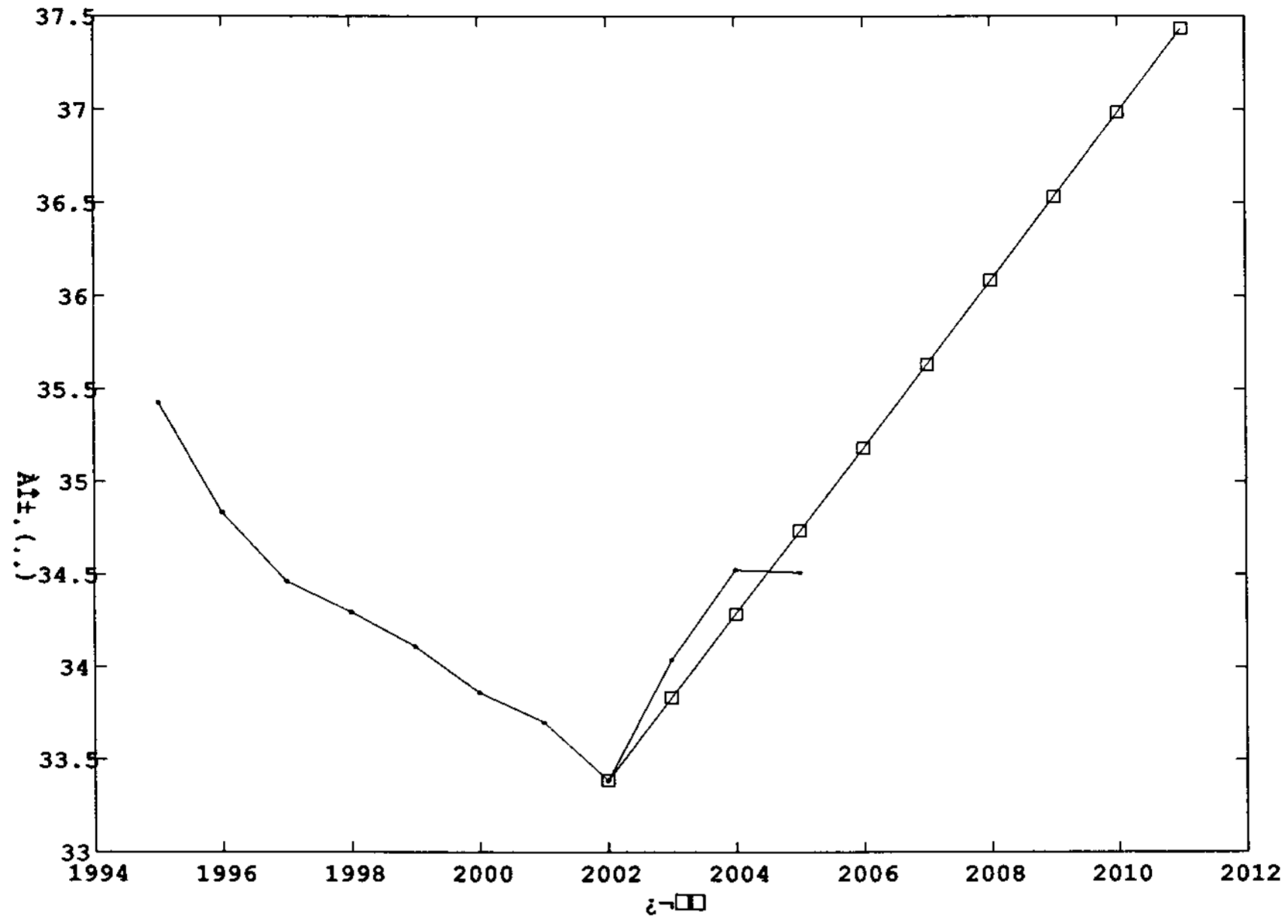
자료: 대구시청 통계DB - 2005년 실제인구



<그림 3-2> 대구시 중구 인구 추계
(- · - : 실제인구, - □ - : 지수성장모형)

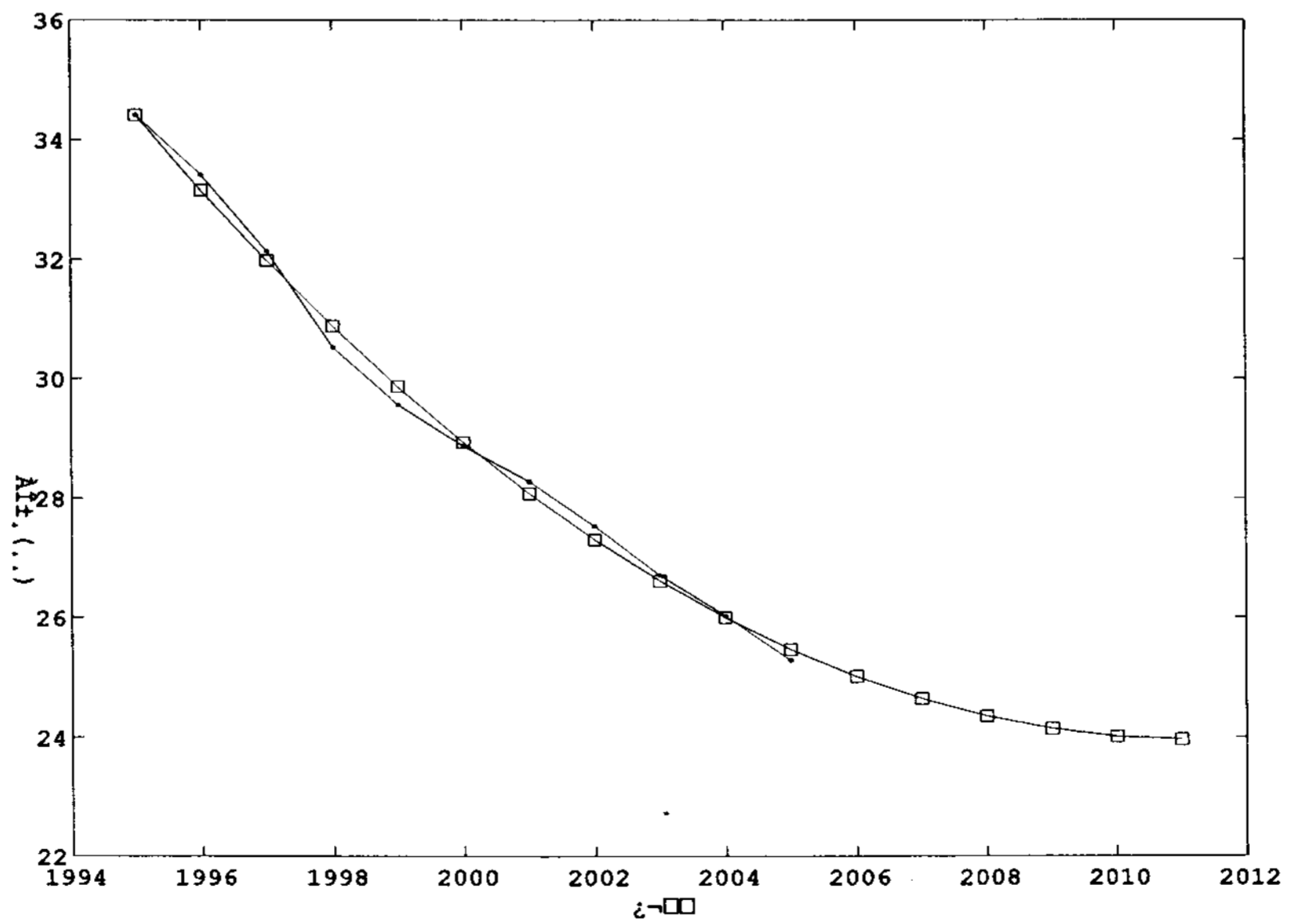
$$P_t = P_0 (1 + r)^t$$

(2) 동구의 경우 2005년 현재 인구가 약 35만명(대구시 인구의 약 14%)



<그림 3-3> 대구시 동구 인구 추계
(- · - : 실제인구, -□-: 선형성장모형)

$$P_t = P_0 + a * t$$



<그림 3-4> 대구시 서구 인구 추계
(- · - : 실제인구, -□-: 2차성장모형)

(4) 남구의 경우 2005년 현재 인구가 약 18만명(대구시 인구의 약 7%)이고 1995년 이후 계속 감소세를 보이고, 1998년부터 감소세가 약해지고 있다. 1998년부터 2005년까지의 인구를 기반으로 하여 지수성장모형을 적용하여 장래인구를 추계하였다. 2011년의 남구의 인구는 약 16만명으로 예측된다.

(5) 북구의 경우 2005년 현재 인구가 약 47만명(대구시 인구의 약 18%)이고 1995년 이후 계속 증가세를 보이고 있다. 아파트 건축이 계속 진행중이므로 지속적인 인구 증가요인도 있다. 1995년부터 2005년까지의 인구를 기반으로 하여 지수성장모형을 적용하여 장래인구를 추계하였다. 2011년의 북구의 인구는 약 52만명으로 예측된다.

(6) 수성구의 경우 2005년 현재 인구가 약 44만명(대구시 인구의 약 17%)이고 1997년 이후 계속 감소세를 보이고 있다. 1997년부터 2005년까지의 인구를 기반으로 하여 선형성장모형을 적용하여 장래인구를 추계하였다. 2011년의 수성구의 인구는 약 42만명으로 예측된다.

(7) 달서구의 경우 2005년 현재 인구가 약 60만명(대구시 인구의 약 24%)이고 1995년 이후 계속 증가세를 보이다가 2002년부터 약간의 감소세를 보이고 있다. 2002년부터 2005년까지의 인구를 기반으로 하여 선형성장모형을 적용하여 장래인구를 추계하였다. 2011년의 달서구의 인구는 약 59만명으로 예측된다.

(8) 달성군의 경우 2005년 현재 인구가 약 16만명(대구시 인구의 약 6%)이고 1995년 이후 계속 증가세를 보이다가 2000년 이후 년에 거의 정지상태를 보이고 있다. 2000년부터 2005년까지의 인구를 기반으로 하여 2차성장모형을 적용하여 장래인구를 추계하였다. 2011년의 달성군의 인구는 약 16만명으로 예측된다.

3) 인구구조 추계

<표 3-3> 5세 계급 연령별 인구구조 전망

	2006		2007		2008		2009		2010		2011	
	인구	비율	인구	비율	인구	비율	인구	비율	인구	비율	인구	비율
0-4세	120,518	4.79	114,573	4.56	108,628	4.33	102,683	4.09	96,738	3.86	90,793	3.63
5-9세	180,325	7.16	180,917	7.2	181,510	7.23	182,102	7.26	182,695	7.29	183,287	7.32
10-14세	177,965	7.07	176,232	7.01	174,499	6.95	172,766	6.89	171,033	6.83	169,301	6.77
15-19세	168,714	6.7	163,355	6.5	157,996	6.29	152,637	6.09	147,279	5.88	141,920	5.67
20-24세	205,156	8.15	202,175	8.04	199,193	7.93	196,211	7.82	193,229	7.71	190,247	7.6
25-29세	194,084	7.71	188,549	7.5	183,014	7.29	177,479	7.08	171,944	6.86	166,409	6.65
30-34세	227,838	9.05	227,588	9.05	227,338	9.05	227,088	9.05	226,838	9.05	226,588	9.05
35-39세	225,391	8.96	224,056	8.91	222,720	8.87	221,385	8.83	220,049	8.78	218,713	8.74
40-44세	229,030	9.1	226,463	9.01	223,897	8.92	221,330	8.82	218,763	8.73	216,197	8.64
45-49세	214,819	8.54	221,459	8.81	228,098	9.08	234,738	9.36	241,378	9.63	248,017	9.91
50-54세	157,386	6.25	161,810	6.44	166,234	6.62	170,658	6.8	175,081	6.99	179,505	7.17
55-59세	114,361	4.54	115,760	4.6	117,159	4.67	118,559	4.73	119,958	4.79	121,357	4.85
60-64세	106,131	4.22	108,991	4.34	111,851	4.45	114,710	4.57	117,570	4.69	120,430	4.81
65-69세	83,253	3.31	86,434	3.44	89,615	3.57	92,796	3.7	95,977	3.83	99,158	3.96
70-74세	53,475	2.12	55,364	2.2	57,253	2.28	59,141	2.36	61,030	2.44	62,918	2.51
75-79세	31,896	1.27	32,938	1.31	33,981	1.35	35,024	1.4	36,066	1.44	37,109	1.48
80-84세	16,826	0.67	17,315	0.69	17,804	0.71	18,294	0.73	18,783	0.75	19,273	0.77
85세이상	9,581	0.38	9,892	0.39	10,203	0.41	10,514	0.42	10,825	0.43	11,136	0.45
계	2,516,749	100	2,513,871	100	2,510,993	100	2,508,115	100	2,505,236	100	2,502,358	100

(2) 대구시의 조출생률 추계

<표 3-7> 대구시의 조출생률 추계

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
실제	15.36	15.00	14.20	12.72	12.53	12.86	11.00	9.46	9.56	9.10
추계	15.86	14.90	14.0	13.15	12.36	11.61	10.91	10.25	9.63	9.04

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
실제							
추계	8.49	7.98	7.50	7.04	6.62	6.23	5.84

자료 : 대구시청 통계DB - 1995년-2005년 실제조출생률

<표 3-8> 대구시의 자연변동 추계

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
실제	27676	26493	24464	20925	20264	21344	16609	12687	12763	11355
추계	29616	26708	24085	21720	19587	17664	15929	14365	12954	11682

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
실제							
추계	10535	9501	8568	7726	6968	6283	5666

자료 : : 대구시청 통계DB - 1995년-2005년 실제인구

4. Conclusions

- Poor Data for Small Area Stat. and Statistical Model Selections
- Statistical Information System for local governments
- Professional Statisticians
- Periodic Training Statistics for official servants
- Investments for Small Area Stat.

References

구자홍(2002). *인구통계학의 이론과 실제*, 교우사.

신기일, 이상은(2003). Model Data Based Small Area Estimation, *The Korean Communication in Statistics*, 10, 3, 37-645.

이상복(2006). 표본조사와 소지역 통계, 대구경북지역 통계개발 설명회, 97-112.

이상은(2006). 공간통계량을 활용한 베이저안 자기 포아송모형을 이용한 소지역 통계, *응용통계연구*, 19, 3, 412-430.

통계청(2006). 지역통계 개발 수요 및 개발 방향.

Australia Bureau of Statistics(2003). Small Area Estimation Models for Disability Methodology Advisory Committee 21, November 2003.