通信技術の発達が都市経済に与える効果

河　野　正　道

1　はじめに

この論文の目的は通信技術の発達が都市経済に与える効果を分析することである．インターネット，ファクシミリ，携帯電話の出現等の通信技術の発達によって仕事の能率が向上してきたということは明らかである．相手方にこちらの意志を伝達し，その返事を待つために長時間を要するというようなこともなく，一つの仕事が短時間で完了できるようになった．通信技術の発展が他の技術の発展の効果と異なる特徴は，集積の利益が薄まるということであろう．つまり，一カ所に集まって仕事をする必要性は薄らぎ，オフィスがある都市の中心地，CBD (Central Business District)，へ通勤する必要性は少なくなると考えられる．この単位期間当たりの通勤回数が減少することの結果として，地価の分布，都市の構造，居住区域の分布状況，CBD に立地する商店の市場圏，彼らの利潤，交通運送業者の利潤が影響を受けるであろう．通信技術の発達は様々な経路を通じて，都市形態に影響を与えるであろうが，ここでは簡単化のために，都心に通勤する必要回数の減少，という点のみを取り上げ，一定期間内に，CBD に通勤する回数を通信技術の発展段階を示す代理変数とする．

都市は様々な技術の発展によって進化変貌を遂げてきた．特に，交通技術の発展は，都市構造，都市の住民の住居の立地，住民の消費行動などに影響を与えてきた．具体的には，交通の発達によって住民は郊外に住み，都心に通勤することができるようになった．また，その結果，大都市の人口も膨張した．ま

た，高いビルの建設を可能とした建築技術の発達も都市経済に大きな影響を与えたことも明らかであろう.

ここでは，これと同じような効果が通信技術の発達によっても生じるであろうかということに分析の主眼点が置かれている．というのは，人々が都市に集中するのは，また，CBD に通勤するのは，集積の利益を得るためであり，それが通信技術の発達によって，離れたところに住居を立地しても同じような利益を受けることができるようになれば，都市の形態は大きく変化するであろうということは容易に想像することができる.

都市経済学の伝統，(Alonso [1], Muth [7], etc) に従って個人は支出制約に服しつつ，財の消費および居住用の土地の消費に依存する効用関数を最大にすると仮定しよう．単位交通費は，利潤を極大にしようとする輸送業者によって内生的に決定されるとする．CBD に立地する商店経営者と輸送業者の双方は他方が決定する価格を所与として自らの価格を決定するのであり，双方はナッシュ・ゲームをすると仮定する.

交通需要は，CBD で販売されている財を購入するための交通需要，これは購入量に依存するとする，および，そこに立地するオフィスへの通勤の回数によって与えられるとする．ここで考えている財とは，一般的な合成財ではなく，都心のみで販売されているという性質を持つ特殊な財である．これは，プロ野球を見ることとか，演劇を見るなど，都市の中心のみで消費することが可能となるような贅沢品であるとする．その他，一般的な財は各住民のそれぞれの居住区において購入消費可能であるとする．なお，この一般的な財はここでは重要な役割を果たさないとしてこの分析では無視する．つまり，消費者＝住民の効用関数は，都心で販売されている特殊な財と住宅用土地によって決定されるとする．この仮定の合理性は本文中で説明される.

この財に対する需要は所得と，この財の交通費込みの価格に依存する．商品の出荷価格は需要関数が与えられて販売業者の利潤極大化行動から決まる．居住地区の境界は農業地代で与えられる．CBD の商品販売業者の商圏の境界は，

当然のことながら彼らの販売する財に対する需要がゼロのところで決定される.

Higano [3], 氷鉋・渋沢 [4] は通信技術が都市に与える影響についてコンピュータによる数値分析を行っている. そこで仮定されていることは通信技術が発達すると通信コストが低下すると仮定し, CBD に通勤する回数は内生的に導出されるとしている. 我々のモデルでは, 通勤の回数が外生変数であり, これが技術の発展段階を示している.

我々の結論はこの回数が低下することによって, ある一定の条件の下では, 居住地区と商圏はともに拡張するが前者はより早く拡張するということを導出する. よって, もし, 初期時点において, 居住地区が商圏の中にあるならば, 技術の発展によって, 居住区間が商圏よりも大きくなってしまうということである. すなわち, CBD からかなり離れた地域では, 近くの商業地域において日用品を購入するのみで CBD には買い物に行かない, という現象が出現する. 商品価格, 販売業者の利潤, 輸送業者の利潤に対する影響も導出する.

仮定

1. この都市は長く細い形をしている. 幅は1単位である.
2. すべてのオフィスは CBD に存在する.
3. この都市は開放されており, 人々は自由に流入流出が可能である.
4. 一家の働き手は CBD のオフィスへ通勤し, また, その家族もそこで売られている財を購入するためにトリップする.
5. 彼ら家計の効用はその財の量と, 住宅用地の広さに依存する.

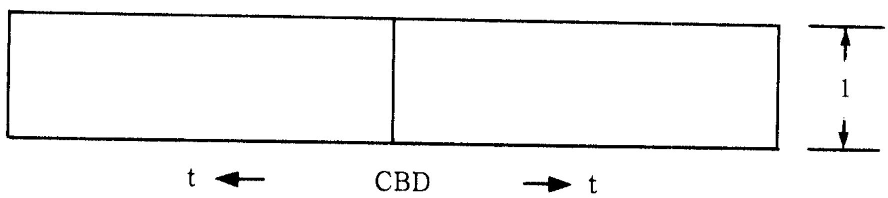

図1：細長い都市

2　基本モデル

住民はすべて均質であり，以下の分析においては代表的個人の方法を用いる．CBD から t の距離に立地する消費者の効用は

$$u(t)=u(x(t),\ h(t)) \tag{1}$$

で表される[1]。ここで x：CBD で販売されている財，h：住宅用土地サービスの消費量である．予算制約式は

$$y-nct=(p+ct)x(t)+r(t)h(t) \tag{2}$$

ここで y：所得，n：CBD への通勤回数，c：単位距離あたりの財 1 単位の輸送費，p：財価格，r：地代，t：CBD からの距離を示す．

代表的個人は予算制約式(2)の下で効用関数(1)を最大化する．なお，この都市は開放都市であるという仮定から，人口の流入流出により，最大化された効用は外生的に $\bar{u}$ の水準に与えられており，一定である．記号の簡単化のために新しい変数 $z=ct$ を導入し，単位距離当たりの輸送費 c をしばらく固定し，z によって距離を示す[2]．

住民の効用は一定であり，その無差別曲線を

$$x(z)=v(h(z)),\ v'<0,\ v''>0,\ v(\bar{h})=0 \tag{3}$$

とする．すると距離 z に住む住民の主体均衡は

$$r(z)=-v'(h)(p+z) \tag{4}$$

---

1) 我々はCBD以外においても，つまり，名住民の居住地区においても日用品は販売されているとimplicitly に考えている．簡単化のために，これをモデルに組み込んでいないだけである．このことの正当性は次のように論証されるだろう．居住地域で販売される財の量を q とし，その価格を p とする．この財の消費は住民の効用に寄与するので効用関数は $u=u(x,h,q)=\{v_1(x,h)\}^{\beta}\{v_2(q)\}^{1-\beta}$ とコブダグラス型で表現できるとしよう．すると t の位置に立地する消費者はこの第 2 の消費財に対してはその可処分所得の $p(t)q(t)/(y-nct)$ の割合を支出する．よって，新たに当初の可処分所得の $1-p(t)q(t)/y-ntc)$ の割合をこの消費者の新しい可処分所得であると再定義し，この所得の下で $u=u(x,h)$ を最大化する問題を考えても矛盾はない．本文ではこれをやっていると解釈することができるのである．

2) このことは，距離の測定単位の変更を意味している．

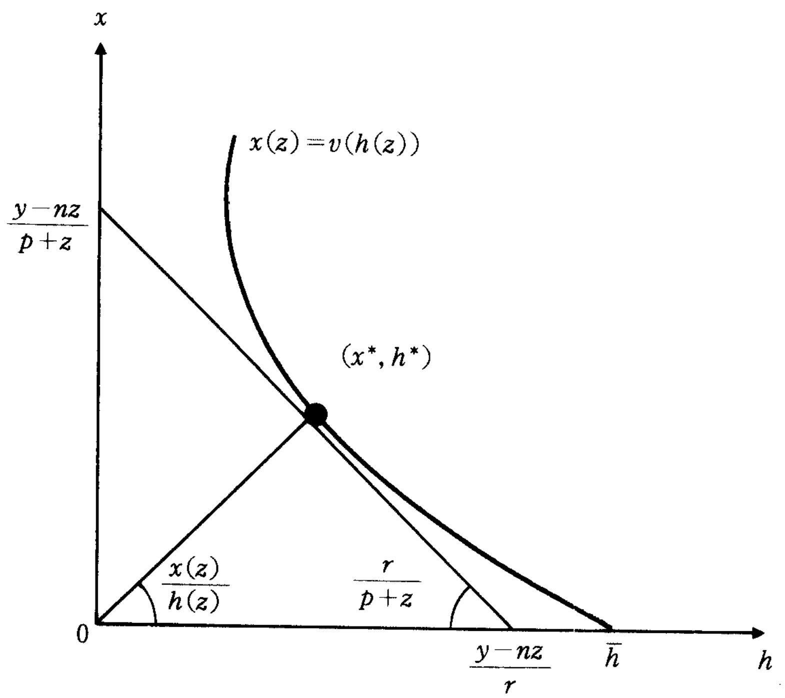

図２：財および住宅用地に対する需要

$$\frac{y-nz}{p+z}=v(h)-hv'(h) \tag{5}$$

として p，r，h と z についての陰関数の形で与えられる．

z の距離に住む住民による財の需要量は，$N(z)$ を距離 z に住む人口密度であるとすると，$N(z)x(z)$ である．すると $N(z)=1/h(z)$ であるから $x(z)N(z)=x(z)/h(z)$ が成立する．なお，$x(z)N(z)$ は $(y-nz)/(p+z)$ の関数であることが明らかである．$x(z)$，$h(z)$ の均衡値は外生的に与えられた効用を示す無差別曲線，可処分所得（通勤費を差し引いた所得），財の交通費込みの価格によって決定されるからである．地価 $r(z)$ は以上のものから従属的に決定される．よって，この財の需要関数は

$$x(z)N(z)=\Phi\left(\frac{y-nz}{p+z}\right), \Phi'>0 \tag{6}$$

で与えられる．

3　商圏の境界

CBDで販売されている商品の市場圏の境界について考えよう．人々はもし交通費込みの価格がかなり高ければCBDまで行ってその商品を購入することはない．あるいは，彼らはかなり遠くに住んでいればCBDまでその財を購入するためにトリップすることはないだろう．すでに示したように，財に対する需要は交通費込みの価格と可処分所得の比によって与えられている．この比率が減少するにつれて，財に対する需要は減少する．もし，この比率がある一定の値，$\underline{a}$まで低下すると需要は消滅する（図3A参照）．すなわち，

$$\Phi(\underline{a})=0 \tag{7}$$

となるとする．このことは，居住区域が商圏を規定しない限り，商圏の境界は価格pによって決定されるということである．

商圏の境界が$\bar{z}^1$で与えられるとすると，(7)より$\underline{a}=(y-n\bar{z}^1)/(p+\bar{z}^1)$であるから，

$$\bar{z}^1=\frac{y-\underline{a}p}{n+\underline{a}} \tag{8}$$

となる．もし，$\bar{z}^1$における地価が農業地代，$\underline{r}$，よりも高ければ，$z>\bar{z}^1$に住む住民はCBDへは通勤するが，買い物のためにトリップすることはない．そのような住民の住宅用地の消費は，この開放都市モデルでは効用が固定されているから，$\bar{h}$に固定されており，$0=v(\bar{h})$を満たす．するとこの区域の地価は

$$r(z)\ =\frac{y-nz}{\bar{h}},\ \ \bar{z}^1\leq z\leq\bar{z}^2 \tag{9}$$

となることが予算制約式(2)と$x=0$より導かれる．$\bar{z}^2$は住民の付値地代が農業地代と等しくなったところ，$r(\bar{z}^2)=\underline{r}$であり，つまり，居住区域の境界である．これは(9)より

$$\bar{z}^2=\frac{y-\underline{r}\bar{h}}{n} \tag{10}$$

で与えられる．（図3B参照）

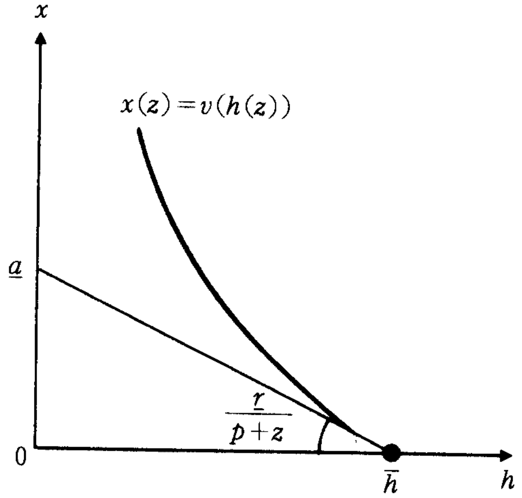

図3A

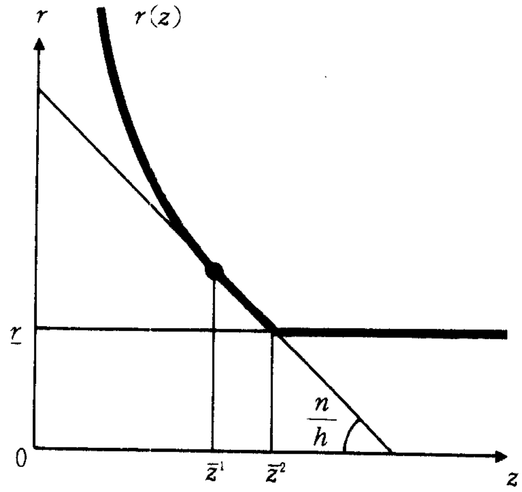

図3B

図3：商圏の境界—その1—

一部の住民はCBDまで買物に行き，彼らより遠くに居住する住民はCBDまで買物に行かないという状況を局面1としよう．地代曲線の傾きについては，まず，この局面1における$z<\bar{z}^1$の区間においては(4)，(5)を全微分して$dp=0$としてdhを消去して

$$\frac{\partial r}{\partial z}=-\frac{x+n}{h} \tag{11}$$

を得る．これは地代曲線が右下がり，つまり，CBDからの距離が大きくなると地代は低下することを示す．また，$\bar{z}^1<z<\bar{z}^2$の区間においては

$$\frac{\partial r}{\partial z}=-\frac{n}{h} \tag{12}$$

となる．よって

$$\left.\frac{\partial r}{\partial z}\right|_{z<\bar{z}^1} \leq \left.\frac{\partial r}{\partial z}\right|_{\bar{z}^1<z<\bar{z}^2} \tag{13}$$

を得る．$z=\bar{z}^1$においては，$x=0$となるので$\bar{z}^1=\bar{z}^2$において双方の地代関数の勾配は一致する．(13)は等号で成立する．よって，地代関数はCBDからの距離に関してスムーズである．つまり，$\partial r/\partial z$が連続である．

しかし，$\bar{z}^2$が$\bar{z}^1$を超えないという場合もある．即ち，CBDで販売されている財に対する需要は居住区間の境界において正であり，従って，商圏は居住区間

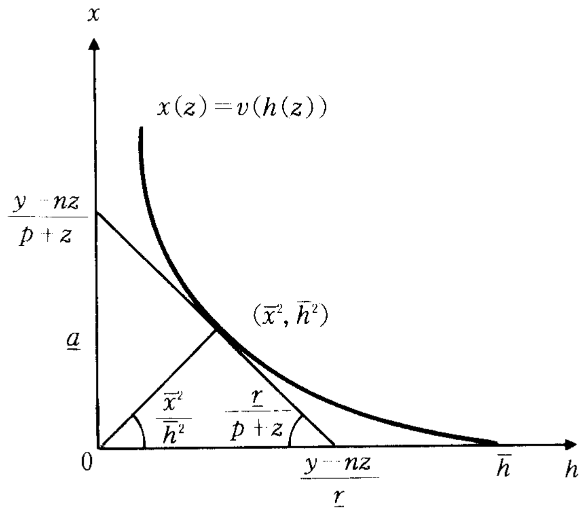

図 4 A

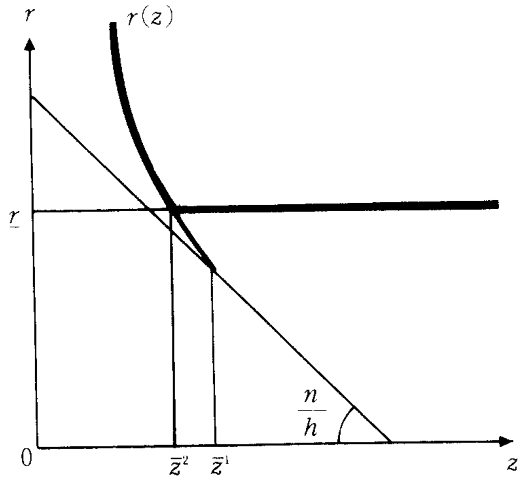

図 4 B

図 4：商圏の境界—その 2—

によって限定されているという場合である．つまり，すべての住民が CBD に買物に行くという場合である．これを局面 2 とよぼう．すると，商圏の境界は居住区間 $\bar{z}^2$ と一致し，次の式で与えられる．

$$\underline{r}=-v'(\bar{h}^2)(p+\bar{z}^2) \tag{14}$$

$$\frac{y-n\bar{z}^2}{p+\bar{z}^2}=v(\bar{h}^2)-\bar{h}^2v'(\bar{h}^2) \tag{15}$$

$$\bar{x}^2=v(\bar{h}^2)>0 \tag{16}$$

ただし $\bar{h}^2<\bar{h}$ である．この境界 $\bar{z}^2$ は n を所与として価格 p の関数として決まる．($\bar{h}^2$ も同様である．)（図 4 参照）

以上の議論を総合すると，商圏の境界 $\bar{z}$ は

$$\bar{z}=\min(\bar{z}^1, \bar{z}^2) \tag{17}$$

で与えられる．（図 5 参照）．$\bar{z}^2$ は p に関して一定であり，$\bar{z}^1$ は p に依存している．$\bar{z}^1=\bar{z}^2$ を満たす p を p^o とすると

$$p^o=-\frac{y}{n}+\underline{r}\bar{h}\frac{n+\underline{a}}{n\underline{a}} \tag{18}$$

となる．ここで商品販売業者が設定する最適価格を p^* とすると，図より明らかに

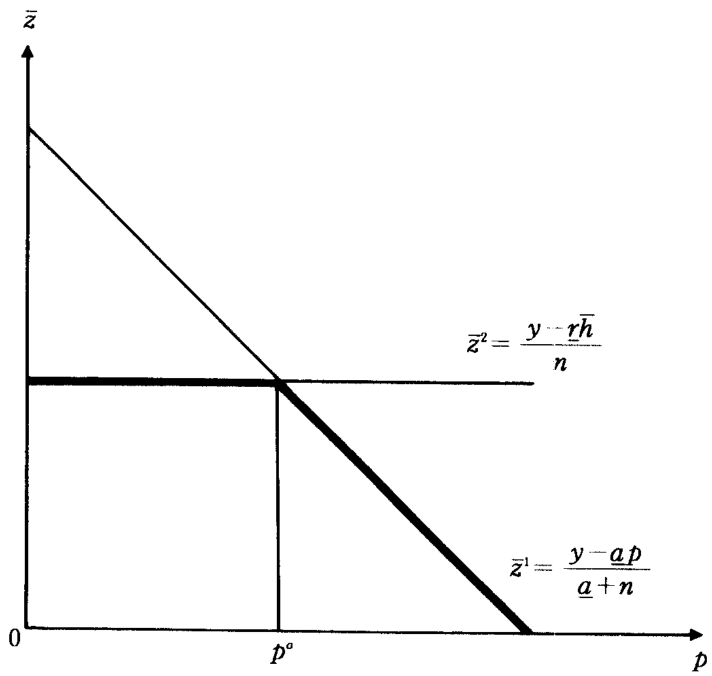

図 5：商圏と価格

$$\begin{cases} \bar{z} = \bar{z}^2 & \text{when} \quad p^* \leq p^o \\ \bar{z} = \bar{z}^1 & \text{when} \quad p^* > p^o \end{cases}$$

となる．つまり，商品販売業者が決定する価格の水準によって局面 1 となるか局面 2 となるかが決まる．

4　商品販売業者の利潤極大化行動

ここでは商品販売業者の利潤極大化行動を分析し，彼の最適価格が局面 1 で達成されるか，あるいは局面 2 で達成されるかということを検討する．つまり，企業の設定する価格によって都市の構造が局面 1 で示される第 1 の形態となるか，局面 2 で示される第 2 の形態となるかが決まるのである．よって，都市の構造を知るためには，商品販売業者の利潤極大化行動を検討する必要がある．

彼の利潤は

$$\pi^p = p\int_0^{\bar{z}} \Phi\left(\frac{y-nz}{p+z}\right) \tag{19}$$

で与えられる．極大の一次条件として，

$$\pi_p^p = \int_0^{\bar{z}} \left\{\Phi\left(\frac{y-nz}{p+z}\right) + p\Phi_p\left(\frac{y-nz}{p+z}\right)\right\} dz + p\Phi\left(\frac{y-n\bar{z}}{p^o+\bar{x}}\right)\frac{\partial \bar{z}}{\partial p}$$

$$= \int_0^{\bar{z}} \left\{\Phi\left(\frac{y-nz}{p+z}\right) + p\Phi_p\left(\frac{y-nz}{p+z}\right)\right\} dz = 0 \tag{20}$$

を得る．なぜなら，$z=\bar{z}$ においては，$\Phi\left(\frac{y-n\bar{z}}{p^o+\bar{z}}\right)=0$ が局面 1 において成立し，局面 2 においては，$\bar{z}=\bar{z}^2$ であるから $\partial\bar{z}/\partial p=0$ が成立するからである．なおここで，π_p^p のサフィックスの p は p での偏微分を示す．

もし，π^p の p に関しての単峰性が証明されると，単に利潤関数の $p=p^o$ における勾配のみを見ることによって局面 1 か 2 の何れにおいて企業の利潤が最大化されているかが分かる．

しかし，需要関数を特定化しないでは利潤関数の単峰性を導出することはできない．右下がりの需要曲線だけでは最適価格が一意的に決まるということを導出することはできず，複数の均衡価格を許容しなければならない．

簡単化のために，需要曲線が線形であり，

$$\Phi\left(\frac{y-nz}{p+z}\right) = y - nz - \underline{a}(p+z) \tag{21}$$

であるとしよう．すると，

$$\pi_p^p = \int_0^{\bar{z}} (\Phi + p\Phi_p) dz = \int_0^{\bar{z}} \{y - nz - \underline{a}(2p+z)\} dz = 0 \tag{22}$$

となる.[1] これを直接計算して企業の利潤を極大化させる価格は，局面 2 のときは，$\bar{z}=\bar{z}^2$ のとき $\bar{z}^2=(y-\underline{r}\bar{h})/n$ であるから，

$$p_2^* = \frac{y(n-\underline{a})}{4\underline{a}n} + \frac{r\bar{h}(n+\underline{a})}{4\underline{a}n} \tag{23}$$

を得る．また，局面1のときには $\bar{z}=\bar{z}^1$ のとき $\bar{z}^1=(y-\underline{a}p)/(\underline{a}+n)$ であるから，

$$p_1^* = \frac{y}{3\underline{a}} \tag{24}$$

となる．

次に二階の条件を検討する．局面1のとき，$\bar{z}=\bar{z}^1$ のときには

$$\pi_{pp}^p = \int_0^{\bar{z}^1} (2\Phi_p + p\Phi_{pp})dz = -2\underline{a}\bar{z}^1$$

$$+\{y-n\bar{z}^1-\underline{a}(2p+\bar{z}^1)\}\left(-\frac{\underline{a}}{\underline{a}+n}\right) = \frac{-5\underline{a}y}{12(\underline{a}+n)} < 0 \tag{25}$$

となる．また，局面2，$\bar{z}=\bar{z}^2$ のときには

$$\pi_{pp}^p = \int_0^{\bar{z}^1} (2\Phi_p + p\Phi_{pp})dz = -2\underline{a}\bar{z}^2 = \frac{-2\underline{a}(y-r\bar{h})}{n} < 0 \tag{26}$$

となり，双方の局面ともに最大のための二階の条件を満たす．

利潤関数 π^p が p に関して両局面で単峰性を満たしているので両局面の分岐点，つまり，$\bar{z}^1=\bar{z}^2$，における利潤関数の価格に関する勾配を求めることによって極大がどちらの局面において達成されているかということを求めることができる．

5　都市構造の局変化

需要関数を $D=\int_0^{\bar{z}} \Phi(.)dz$ と定義すると

$$D=(y-\underline{a}p)\bar{z}^1 - \frac{(\bar{z}^1)^2(\underline{a}+n)}{2} = \frac{(y-\underline{a}p)^2}{2(\underline{a}+n)} \quad \text{when} \quad \bar{z}=\bar{z}^1 \tag{27}$$

$$D=(y-\underline{a}p)\bar{z}^2 - \frac{(\bar{z}^2)^2(\underline{a}+n)}{2}$$

$$= \frac{(y-\underline{a}p)(y-r\bar{h})}{n} - \frac{n+\underline{a}}{2}\left(\frac{y-r\bar{h}}{n}\right)^2 \quad \text{when} \quad \bar{z}=\bar{z}^2 \tag{28}$$

となり，需要曲線の p に関する傾きは

$$D_p = -\underline{a}\frac{y-ap}{\underline{a}+n} \text{ when } \quad \bar{z}=\bar{z}^1 \tag{29}$$

$$D_p = -\underline{a}\frac{y-\underline{r}\bar{h}}{n} \text{ when } \quad \bar{z}=\bar{z}^2 \tag{30}$$

となり，双方の需要，および需要曲線の傾きは，接点 $p^o = y/\underline{a} - (y-\underline{r}\bar{h})(\underline{a}+n)/(\underline{a}n)$ でそれぞれ $\{(\underline{a}+n)/2\}\{(y-\underline{r}\bar{h})/n)\}^2$，$-\underline{a}(y-\underline{r}\bar{h})/n$ となり，一致する．よって，需要曲線は局面の境においてキンクしておらずスムーズである．よって，この点において限界利潤が次のように定義される．

$$\pi_p^o \Big|_{p=p^o} = D + pD_p = \frac{y(y-\underline{r}\bar{h})}{2n^2}\left[3\underline{a}\left(1-\frac{\underline{r}\bar{h}}{y}\right)+n\left(1-3\frac{\underline{r}\bar{h}}{y}\right)\right] \tag{31}$$

ここで $\underline{r}\bar{h}/y<1$ は明らかであり，[.] 内第1項は正である．しかし，第2項の符号は不明である．ここで場合分けをしよう．

a) $\dfrac{\underline{r}\bar{h}}{y}<1/3$ のときには $\underline{a}$，n の値にかかわらず [.] は正となる．よって，最適価格 p^* は $p^*>p^o$ で与えられる．

b) $\dfrac{\underline{r}\bar{h}}{y}>1/3$ のときには，

$$p^* \lesseqgtr p^o \text{ when } n \gtreqless -3\underline{a}\frac{1-\underline{r}\bar{h}/y}{1-3\underline{r}\bar{h}/y} \tag{32}$$

となり，通信技術の発展の水準 n に応じて，都市の均衡が局面1で達成されるか局面2で達成されるかが決まる．上の式より，通信技術が十分に発展していないときには，つまり，n が十分に大きいときには，都市の均衡が局面2，つまり，商圏は都市の境界で決定され，つまり，都市に住む全ての住民が CBD へ買い物に行くという状態が達成される．しかし，n が十分に小さくなるときには，この両局面の境界においては限界利潤が正となり，都市の均衡は局面1，つまり，商圏は都市全体を覆わず，CBD へ買い物に行かない住民が郊外に存在する均衡となる．

このことは，CBD に通勤はするが，買い物に行かないという住民の出現は次

の通りに説明できる．通信技術の発達によって，通勤費が節約できることになり，遠方に住むことができるようになる．収入を得るために通勤はしなければならないが，CBD で販売されている商品は必需品ではないので，日用品は，買い物は近所の店ですることができる．よって，買い物には行かなくなる．

また，土地に対する支払い $\underline{r\bar{h}}$ が所得 y の 1/3 を超えるか否かが上にあげた a，b の 2 つの場合の分かれ目になっているが，これは次のように説明できる．$\dfrac{r\bar{h}}{y}$ が大きいときには $\underline{a}$ が大きいということであり，n の変化によって容易に $\bar{z}^1$，$\bar{z}^2$ と変わりうる．$\underline{a}$ が小さければ，仮に $n=0$ が成立しても，まだ，$y/(p+z)>\underline{a}$ となり，x に対する需要は正であり，局の転換は生じ得ない．このように，$\dfrac{r\bar{h}}{y}$ の大小は，$\underline{a}$ の大小に結びついているので上に述べたようなことが生じるのである．

6　輸送業者の利潤極大化行動

輸送業者の最適化行動を考えよう．輸送業者に取っての最適な輸送料金は商品市場とは独立的に決まるということを示す．住民は CBD へ買い物行動をするためにトリップする．このトリップの回数は買い物の金額に比例すると仮定しよう．この比例常数を q とする．輸送業者の利潤は

$$\pi^c = (c-m)\left\{\int_0^{\bar{z}} qt\Phi\left(\frac{y-nz}{p+z}\right)dt + \int_0^{\bar{z}^2} tN(t)dt \right. \tag{33}$$

ここで $\bar{t}$ は商圏の境界であり，$\bar{t}^i=\bar{z}^i/c$ として，$\bar{t}=\bar{z}/c$ で与えられる．c は一単位の財を 1 単位の距離運送するための価格であり，m はそのためのコストである．すると

$$\pi^c = \frac{c-m}{c^2}\left[\int_0^{\bar{z}} \left\{qz\Phi\left(\frac{y-nz}{p+z}\right)dz + \int_0^{\bar{z}^2} z/h\left(\frac{y-nz}{p+z}\right)dz\right]\right. \tag{34}$$

となる．(8)，(10)で示されたように，$\bar{z}^1$，$\bar{z}^2$ は c から独立である[1)]．従って，極大の

1) $\bar{z}^1$ は価格 p に依存するが，ナッシュの仮定より，輸送業者にとっては一定であると見なされている．

ための1階の条件は

$$\pi_c^c = -\frac{c-2m}{c^3}M = 0 \tag{35}$$

であり，M は(34)の［.］の中の値である．下付添え字は偏微分を示す．よって，最適輸送料金は $c=2m$ で与えられる．

$\bar{z}=ct$ であるから c は都市の境界を決定し，すなわち，商圏を決定しているのである．

7　商品販売業者および輸送業者の利潤への影響

局面1および2において通信技術の発展が商品販売業者の利潤に対して与える効果は正である．この技術が発達するにつれて商品販売業者の利潤は双方の局面ともにおいて上昇する．まず，利潤を n で全微分して

$$\frac{d\pi^p}{dn} = \pi_n^p + \pi_p^p\frac{dp}{dn} + \pi_c^p\frac{dc}{dn} \tag{36}$$

を得る．ここで

$$\pi_n^p = p\int_0^{\bar{z}}\frac{-z^2\Phi'}{p+z}dz + p\Phi\left(\frac{y-n\bar{z}^i}{p+\bar{z}^i}\right)\bar{z}_n^i < 0 \tag{37}$$

を得る．$i=1$，2である．何故なら，

$$\bar{z}_n^1 = \frac{-(y-\underline{a}p)}{(n+\underline{a})^2} < 0, \tag{38}$$

$$\bar{z}_n^2 = \frac{-(y-\underline{r}\bar{h})}{n^2} < 0, \tag{39}$$

$$\pi_c^p = 0, \tag{40}$$

$$\pi_p^p = 0 \tag{41}$$

が(8)，(10)，(19)より，また，利潤最大化条件から成立するからである．すなわち，通信技術の発達によって n が低下することによって，商品販売業者の利潤は上昇することが分かる．

次に輸送業者の利潤への効果を検討しよう．輸送業者の利潤関数を n で微分

することによって

$$\frac{d\pi^c}{dn}=\pi^c_n+\pi^c_p\frac{dp}{dn}+\pi^c_c\frac{dc}{dn} \tag{42}$$

を得る．局面1においては(34)式より

$$\pi^c_n=\frac{c-m}{c^2}\Big[\int_0^{\bar z^1}\Big(\frac{-q\Phi' z^2}{p+z}\Big)dz+\int_0^{\bar z^2}\frac{h' z^2}{(p+z)h^2}dz$$

$$+\bar z^1\Phi\Big(\frac{y-n\bar z^1}{p+\bar z^1}\Big)\bar z^1_n+\bar z^2/h\Big(\frac{y-n\bar z^2}{p+\bar z^2}\Big)\bar z^2_n\Big]<0 \tag{43}$$

を得る．何故なら $h'<0$, $\Phi'>0$, $\Phi(.)=0$ が $z\geq\bar z^1$ において成立し，また $\bar z^2_n<0$ であるからである．同様にして局面2では

$$\pi^c_n=\frac{c-m}{c^2}\Big[\int_0^{\bar z^2}\Big(\frac{-q\Phi' z^2}{p+z}\Big)+\frac{h' z^2}{(p+z)h^2}dz$$

$$+\bar z^1\Phi\Big(\frac{\mathrm{y}-\mathrm{n}\bar z^1}{p+\bar z^1}\Big)+\bar z^2/h\Big(\frac{y-n\bar z^2}{p+\bar z^2}\Big)\Big\}\bar z^2_n\Big]<0 \tag{44}$$

となる．

また，価格 p に関して輸送業者の利潤は局面1では

$$\pi^c_p=\frac{c-m}{c^2}\Big[\Big\{\int_0^{\bar z^1}\Big(\frac{-qz\Phi'(y-nz)}{(p+z)^2}\Big)dz+\int_0^{\bar z^2}\frac{h' z(y-nz)}{(p+z)h^2}dz$$

$$+q\bar z^1\Phi\Big(\frac{y-n\bar z^1}{p+\bar z^1}\Big)\bar z^1_p+\bar z^2/h\Big(\frac{y-n\bar z^2}{p+\bar z^2}\Big)\bar z^2_p\Big]<0 \tag{45}$$

を得る．また，局面2では

$$\pi^c_p=\frac{c-m}{c^2}\Big[\int_0^{\bar z^2}\Big\{\frac{-q\Phi'(y-nz)}{(p+z)^2}+\frac{h'z(y-nz)}{(p+z)^2h^2}\mathrm{dz}$$

$$+\Big\{q\bar z^1\Phi\Big(\frac{y-n\bar z^1}{p+\bar z^1}\Big)+\bar z^2/h\Big(\frac{y-n\bar z^2}{p+\bar z^2}\Big)\Big\}\bar z^2_{\mathrm{p}}\Big]<0 \tag{46}$$

となる．よって双方ともに販売業者の価格 p が上昇すると輸送業者の利潤は減少する．

また，n が下落すると均衡価格 p^* も下落する，つまり，$dp/dn<0$ であることは(23)より明らかである．何故なら局面1においては

$$\frac{dp_1^*}{dn}=\frac{a}{n}(y-r\bar{h})>0$$

となり，局面2においては(24)より

$$\frac{dp_2^*}{dn}=0 \tag{47}$$

が得られるからである．$\pi_c^*=0$ は輸送業者の利潤極大行動から明らかである．従って，(42)の符号は負と確定する．つまり，通信技術が発達することによって n が減少したら，輸送業者の利潤は上昇する．

8　結論

我々は，通信技術の進歩が都市の経済的構造にどのような変化をもたらすかということを分析した．技術が進歩するにつれて，都市の経済構造は変化し，住民の買い物行動も変化する．十分に通信技術が発展していないときには，通勤回数 n が大きく，住民は都市の中心付近に住む．しかし，通信技術が十分に発展するにつれて，通勤回数 n が小さくなり，従って，CBD の近くで住む必要性はなくなり，郊外の大きな家に住むことを選択するようになる．このようにして都市は拡大していく．ある条件が満たされているときには，通勤回数が減少するにつれて，CBD にある店舗まで買物行動のためにトリップすることはなくなる．すでに十分に離れたところに住み，交通費が上昇しているからである．我々が設定した線形の需要関数の下で，このための十分条件は居住地域の境界において，住宅に支出する可処分所得の割合が 1/3 を超えるときである．このときには，可処分所得が十分に大きいときであり，n の影響を大きく受けやすいときである．この住宅への支出率が十分に小さいときには n の大小に関係はなく，商圏は居住区に一致している．

自動車の発達によって，都心の商店は，特に地方都市では，衰退していく傾向にある．これは住民が都心から離れた郊外に居住するようになり，また，車で買い物に行くために駐車場のない都心の商店よりも大きな駐車場を持つ郊外

の量販店で買い物をするようになるためである．通信技術が発達すると，車の普及と同じように居住地域は拡大する．しかし，商店の均衡価格は下落するが，その利潤は上昇し，衰退はしないということが，我々の仮定した無差別曲線の下では示された．これは通勤回数の減少によって可処分所得は上昇していることが原因である．

輸送業者の最適料金は n とは独立であり，$c=2m$ で与えられた．よって，n によって商圏および居住圏の境界 $\bar{z}^i=c\bar{t}^i$ が決定されるのであるが，輸送業者の最適料金 c^* は n から独立であるから，n によって直接的に都市の物理的大きさが決定されるのである．また，輸送業者の利潤は上昇することが導出された．

参考文献

[1] Alonso, W., Location an dLand Use, –Towards a General Theory of Land Rent –, Harvard U.P., 1964.

[2] Henderson,J., Economic Theory of the Cities, Academic Press, 1977

[3] Higano,Y., Numerical Analysis of the Urban Residential Location, Consumption and Time Allocation, Paper Presented at 11th PRSC, 1989.

[4] 氷鉋揚四郎，渋沢博幸著，『情報発展都市の一般均衡分析』，多賀出版，1994.

[5] Kanemoto, Y., Theories of Urban Externalities, North–Holland Publishing Company, 1980.

[6] Mills, E. S., Studies in the Structuer of the Urban Economy, Johns Hopkins Press (Baltimore), 1972.

[7] Muth, P., Cities and Housing, Univeristy of Chicago Press (Chicago), 1969.

[8] Wilson, A., G., "Towards Models of the Evolution and Genesis of Urban Structure", Martin, R.L., Thriff, N. J., and Benett, R. J. eds., Towards the Dynamic Analysis of Spatial Systems, Pion, 1978.