継続歩行距離と休憩施設の密度基準

東京駅および大手町駅周辺地区を対象に

CONTINUOUS WALKING DISTANCE AND CRITERIA FOR DENSITY OF RESTING PLACES

Application to Tokyo central station and Otemachi station

薄井 宏行^{*1}, 樋野 公宏^{*2}

Hiroyuki USUI and Kimihiro HINO

Continuous walking distance distribution and density of resting places (e.g., benches) was investigated by applying the nearest neighbour distance distribution. The surroundings of Tokyo central station and Otemachi station were selected as the empirical study area. It was found that (1) the probability that the nearest distance between resting places is longer than 100 m is 0.28; (2) if flower beds are used as resting places, then its probability is 0.14; and (3) if its probability is close to 0, the number of additional resting places is increased to 194 which is approximately 3 times greater than the present number.

Keywords : Continuous walking distance, Resting place, Density, Nearest neighbor distance, Distance distribution

継続歩行距離, 休憩施設, 密度, 最近隣距離, 距離分布

1. はじめに

いま, 日本は世界で有数の高齢社会の国である。将来に向けて, 人口に占める高齢者の割合はさらに増加する見込みである。高齢化が進行すると, 自家用車等による移動が困難となる交通弱者も増加する。とくに, 地方部や都心郊外の場合, 日常の交通手段に占める自家用車の分担率は高い。このため, 歩いて暮らせるまちづくりに向けた様々な取り組みがなされている。高齢社会における交通弱者の問題は, 地方部や都心郊外に固有の問題ではなく, 都心においても顕在化しつつある問題である。東京などの都心の場合, 主な交通手段は鉄道等の公共交通機関と徒歩である。とくに, 東京駅や大手町駅のように, 大規模な交通結節点の場合, 徒歩による移動が主であり, 歩行距離は数百メートルとなる場合もある。高齢者が難なく継続歩行できるほど, ベンチ等の休憩施設(以降, 「休憩施設」と記す。)は十分に整備されていない。国土交通省都市局が2014年8月に発出した技術的助言「健康・医療・福祉のまちづくりの推進ガイドライン」によると, 歩行の継続距離は概ね500mから700mであり, 後期高齢者になると減少する傾向にある¹⁾。また, 居住地から400m以内においてベンチ等の総数が多いほど, 高齢者の歩行を促す傾向にある²⁾。継続歩行距離を短くする方法として, 1)休憩施設の数を増加させること, 2)休憩施設の配置を工夫することなどが挙げられる。

ところが, 継続歩行距離と休憩施設の数や配置の基準については定められておらず, 両者の関係については, 既往研究においても十分に検討されていない。

本稿に関連する主な既往研究として, 1)歩行空間における高齢者のためのベンチの設置間隔を提案したもの, 2)高齢者の継続歩行距離やベンチ等の利用実態を明らかにした研究がある。1)に関連する既往研究として, 土居ほか(1999)と北川ほか(2000)は, 高齢者の移動を支援する施策の一つとして, 歩行空間におけるベンチ等の休憩施設を整備する必要性を指摘している。兵庫県明石市において休憩施設の設置間隔の希望調査を実施した結果, 1)高齢者の約65%が100m未満の設置間隔を希望していること, 2)高齢者の約30%が50m未満の設置間隔を希望していることを明らかにしている。これらの調査結果に基づき, ベンチの設置間隔として50mから100m程度の間隔を提案している^{3), 4)}。休憩施設の設置間隔の希望は, 高齢者の継続歩行距離を反映するものである。また, 2)に関連する既往研究として, 大島ほか(2003)は, 東京都品川区において高齢者を対象にベンチ等の「座りスペース」の利用の実態を調査した結果, 歩行に何らかの不自由がある人の約80%は駅における「座りスペース」を重視していることを明らかにしている⁵⁾。柿沼ほか(2008)は, 座っているか立っているかを問わず, 移動を止め, 休憩や会話・飲食等の行

^{*1} 東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 助教・博士(工学)

Assist. Prof., Dept. of Urban Engineering, School of Engineering, The University of Tokyo, Dr.Eng.

^{*2} 東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 准教授・博士(工学)

Assoc. Prof., Dept. of Urban Engineering, School of Engineering, The University of Tokyo, Dr.Eng.

為を行っているものを「滞留」と定義している。東京都豊島区の商店街を対象とした調査の結果、1)高齢者の滞留場所として花壇等の段差はベンチと同様の効果があること、2)高齢者の滞留間の平均距離は約550mであることを明らかにし、長時間の回遊を可能にするためには、滞留可能な場所を一定の間隔で設けることが有効であることを指摘している⁶⁾。ところが、休憩施設の数や配置の基準については今後の検討課題とされている。現実の都市空間の場合、ベンチ等の休憩施設は大小様々な間隔で配置されることから、確率論的な考察をする必要があると考えられる。

本稿では、ある区域において、休憩施設の量（密度）と継続歩行距離の関係を、平面上における任意の点から最近隣の点までの距離分布（以降、「最近隣距離分布」と記す。）を規範として考察する。休憩施設を点としてモデル化することにより、ある休憩施設から最寄りの休憩施設までの継続歩行距離を最近隣距離分布へ帰着させることができる。最近隣距離分布に着目することで、1)休憩施設の密度に応じた継続歩行距離分布の評価、2)継続歩行距離分布を改善するために更に必要な休憩施設の総数を明らかにすることができる。

以降、第2節において、休憩施設の規範的な配置パターンを想定し、平面上における最近隣距離分布を定式化する。第3節において、休憩施設の密度の変化に対する継続歩行距離分布の変化の感度分析を行うことにより、休憩施設を増加させることによる継続歩行距離の減少具合を定量的に評価する。第4節において、東京駅および大手町駅周辺地区を対象に、現状の休憩施設の密度から継続歩行距離分布を推定する。第5節において、継続歩行距離を減少するために必要な休憩施設の整備量を明らかにし、整備方針を提案する。第6節において、まとめと今後の課題を述べる。

2. 休憩施設の規範的配置パターンに基づく最近隣距離分布

本節では、面積 S の区域に休憩施設が n 個存在する状況を考える。平面上において、任意の休憩施設 i を点 F_i として表す。Fig.1左のように、任意の点 F_i から最寄りの休憩施設までの最近隣距離 R が r 以下となる確率 $F(R \leq r)$ は、点 F_i を中心とする半径 r の円内において、休憩施設が少なくとも1個存在する確率に等しい。半径 r の円内に休憩施設が k 個存在する確率を $\Pr\{r, k\}$ と記すとき、 $F(R \leq r)$ は次式ようになる：

$$F(R \leq r) = 1 - \Pr\{r, 0\}. \quad (1)$$

ここで、休憩施設の規範的な配置パターンとして、一様ランダムなパターンを仮定する。このとき、 $\Pr\{r, k\}$ は次式のように二項分布として記述される：

$$\Pr\{r, k\} = \frac{n!}{k!(n-k)!} \left(\frac{\pi r^2}{S} \right)^k \left(1 - \frac{\pi r^2}{S} \right)^{n-k}. \quad (2)$$

$n/S = \rho$ は一定のもとで、 n を十分に大きくすると、

$$\Pr\{r, k\} = \frac{(\rho \pi r^2)^k}{k!} e^{-\rho \pi r^2}. \quad (3)$$

(1)式と(3)式から、休憩施設が十分に多くかつ一様ランダムに配置されているとき、 $F(R \leq r)$ は次式ようになる：

$$F(R \leq r) = 1 - e^{-\rho \pi r^2}. \quad (4)$$

$F(R \leq r)$ は最近隣距離 R の累積分布関数であることに注意すると、 R

の確率密度関数 $f(r)$ と次式の関係にある：

$$F(R \leq r) = \int_0^r f(R) dR = 1 - e^{-\rho \pi r^2}. \quad (5)$$

従って、(5)式の辺々を r で微分することにより、1)区域の面積 S は休憩施設の面積と比較して十分に大きく、2)休憩施設が十分に多くかつ一様ランダムに配置されている場合、任意の休憩施設から最寄りの休憩施設までの最近隣距離分布は：

$$f(r) = 2\rho\pi r e^{-\rho\pi r^2}. \quad (6)$$

(3)式の近似式に基づいて以降の議論を展開する際に、1) n は十分に大きく、2)休憩施設は一様ランダムに分布すると仮定する妥当性を検討する。Getis and Boots(1978)が指摘するように、 $n > 20$ かつ $\pi r^2/S < 0.05$ のとき、(3)式は(2)式の良い近似を与える⁷⁾。腰塚(1985)は、点の数 n が10から30程度の場合について、無限平面における最近隣距離分布((6)式)と現実の都市のように有限平面における最近隣距離分布を比較した結果、前者は後者とよく適合することを実証している⁸⁾。後述するように、東京駅および大手町駅周辺地区（後述の「対象地区」）において、1)ベンチの設置地点の総数は67、2)着座可能な花壇等を含めた休憩施設の総数は97である。ゆえに、(3)式は(2)式の良い近似を与える程度に、 n は十分に大きいといえる。

また、車道上や駅構内およびオフィスビル等の一部は歩行空間として不適切な空間であるため、一様ランダム性の仮定は強い仮定である。このため、Clark and Evans(1954)の方法を用いて、この仮定の妥当性を統計的に検定する。いま、任意の休憩施設 F_i から最寄

Fig.1 Euclidean distance and Manhattan distance

Fig.2 Location of buildings in Otemachi and Marunouchi

りの休憩施設までの最近隣距離の平均を r_0 と記すとき、一様ランダム性の検定統計量 z は次式のようになる⁹⁾：

$$z = \left(r_0 - \frac{1}{2\sqrt{\rho}} \right) / \sqrt{\frac{4-\pi}{4\pi\rho}} \sim N(0,1). \quad (7)$$

Fig.2において、斜線部は2018年1月時点において再開発事業に伴う建設工事の区域を表す¹¹⁾。このため、 ρ を算出する際に、対象地区の面積 S (1,090,875m²) から斜線部の面積 (71,937m²) を除くと、1)ベンチのみの場合、 z の値は-2.53、2)着座可能な花壇等を含めた休憩施設の場合、 z の値は-1.52となる。有意水準5%の下で、ベンチ設置地点の分布は一様ランダムであるとの仮定は棄却される一方で、花壇等を含めた休憩施設の分布は一様ランダムであるとの仮説は棄却されないことがわかる。近年、対象地区では、賑わい創出のために、道路空間やオフィスビルの1階部分は面的な歩行空間として整備されつつある。従って、休憩施設が一様ランダムかつ十分に多く配置されていると仮定することは妥当であると考えられる。

ところで、Fig.2のように、東京駅や大手町駅周辺地区の場合、道路網のパターンは概ね格子状である。加えて、建物の1階部分と東京駅の改札内はほぼ格子状の通路網および広場で構成され、歩行空間として使用されている。確かに、歩道等のネットワーク空間上における休憩施設の配置モデルも考えられる。ところが、現実の都市空間における歩行経路の自由度は、平面上よりも低い場合もあれば、幅員の広い通路や広場のようにネットワーク空間上よりも高い場合もある。上述のように、対象地区では、道路空間やオフィスビルの1階部分は面的な歩行空間として整備されつつある。このため、理論展開が容易である稠密な格子状通路網モデルを考える¹⁰⁾。Fig.2のように、永代通りと日比谷通りに沿ってx-y平面座標系を設定し、平面上の稠密な格子状通路網上において、ある休憩施設から最寄りの休憩施設までの直交距離に基づく最近隣距離分布を考えてみよう。Fig.1右のように、任意の休憩施設 F_i から最寄りの休憩施設までの直交距離に基づく最近隣距離 R が r 以下となる確率 $F_{\text{man}}(R \leq r)$ は、点 F_i を中心とする辺長 $\sqrt{2}r$ の菱形内において、休憩施設が少なくとも1個存在する確率に等しい。この確率は、(3)式において円の面積 πr^2 を菱形の面積 $2r^2$ に置き換えたものに相当する¹¹⁾：

$$F_{\text{man}}(R \leq r) = 1 - e^{-2\rho r^2}. \quad (8)$$

(8)式の両辺を r で微分することにより、任意の休憩施設から最寄りの休憩施設までの直交距離に基づく最近隣距離分布は：

$$f_{\text{man}}(r) = 4\rho r e^{-2\rho r^2}. \quad (9)$$

3. 休憩施設の増加と継続歩行距離の減少の定量的評価

Fig.3は休憩施設の密度 ρ を変化させたときの直交距離に基づく最近隣距離分布の変化を描いたものである。Fig.3において、

$$r_{\text{grid}} \equiv 1/\sqrt{\rho} = \sqrt{S/n} \quad (10)$$

は休憩施設の規範的な配置パターンとして、正方格子状を想定した場合の最近隣距離であり、一定の値をとる。たとえば、休憩施設の設置間隔の基準として r_{grid} を考える。このとき、 $f_{\text{man}}(r)$ の最頻値は、 $r_{\text{grid}}/2\sqrt{2} \cong 0.35r_{\text{grid}}$ となる。Fig.3から、一様ランダムな配置パター

Fig.3 The nearest neighbor distance distribution based on Manhattan distance

Table1 Comparison of the probability that the nearest neighbour distance to resting place is more than 100 metres (based on Manhattan distance)

r_{grid}	α
50	0.00
75	0.03
100	0.14
125	0.28
200	0.61
300	0.80
500	0.92

ンを想定すると、 r_{grid} の値が大きいくほど、1)直交距離に基づく最近隣距離分布の平均、標準偏差、最頻値はそれぞれ増加すること、2)最近隣距離が100m以上となる確率も増加する様子がわかる。

Table1は、直交距離に基づく場合について、 r_{grid} の値の変化と最近隣距離が100m以上となる確率の変化の関係を示したものである。Table1から、1)休憩施設を100m間隔で格子状に配置する基準のもとで、直交距離に基づく最近隣距離が100m以上となる確率は0.14であること、2)休憩施設を200m間隔で格子状に配置する基準のもとで、直交距離に基づく最近隣距離が100m以上となる確率は0.61であることがわかる。

前述したように、既往研究における希望調査の結果から、1)高齢者の約65%が100m未満の設置間隔を希望し、2)高齢者の約30%が50m未満の設置間隔を希望している。ところが、現実の都市空間において、休憩施設を等間隔に設置するのは様々な理由により困難であると思われる。そこで、設置間隔 r_{grid} が100mとなる休憩施設密度のもとで、休憩施設を一様ランダムに配置すると、0.14の確率で最寄りの休憩施設までの直交距離に基づく最近隣距離は100m以上となることがわかった。このように、休憩施設の設置間隔 r_{grid} のみでは、現状の休憩施設の密度で実現しうる継続歩行距離分布を評価することはできない。本稿のように、規範的な最近隣距離分布に着目する

ことで、継続歩行距離分布を確率論的に評価することができる。

継続歩行距離の最大許容値 $r_{\max}$ を設定し、 $r_{\max} \leq r$ となる確率が α 以下となる休憩施設の密度を検討する。上述の場合、 $r_{\max} = 100\text{m}$ である。たとえば、 $\alpha = 0.61$ から $\alpha = 0.14$ へ改善する場合を考える。Table1から、それぞれ $r_{\text{grid}} = 200$ と $r_{\text{grid}} = 100$ に対応する。(10)式を休憩施設密度 ρ について解くと：

$$\rho(r_{\text{grid}}) = \frac{1}{r_{\text{grid}}^2}. \quad (11)$$

(11)式から、 $\alpha = 0.61$ から $\alpha = 0.14$ へ改善するために必要な休憩施設の密度の増分は：

$$\rho(100) = 4\rho(200). \quad (12)$$

つまり、休憩施設の密度を従前の4倍にする必要がある。

一般化すると、次式のようになる：

$$F_{\text{man}}(R \geq r_{\max}) = 1 - F_{\text{man}}(R \leq r_{\max}) = e^{-2\rho r_{\max}^2} \leq \alpha. \quad (13)$$

(13)式より、 $r_{\max} \leq r$ となる確率が α 以下となる休憩施設の密度は：

$$\rho \geq -\frac{\ln \alpha}{2r_{\max}^2}. \quad (14)$$

ただし、 $0 < \alpha < 1$ より、 $\ln \alpha^{-1} = -\ln \alpha > 0$ が成立する。(14)式の右辺は、 $r_{\max} \leq r$ となる確率が α 以下となる休憩施設の密度の最低基準を確率論的に導出したものである。(10)式と(14)式より、正方格子状を想定した場合の休憩施設の設置間隔の基準を確率論的に定式化することができる：

$$r_{\text{grid}} = \sqrt{\frac{2}{\ln \alpha^{-1}}} r_{\max}. \quad (15)$$

$r_{\max}$ と α は政策的に設定される。たとえば、現状において最大継続歩行距離 $r_{\max}$ を200mと設定している場合、将来の最大継続歩行距離 $r_{\max}$ を100mへ改善することを考える。このとき、 $r_{\max}$ よりも長くなる継続歩行距離の確率 α を政策目標として設定することで、(14)式から政策目標を達成するために必要な休憩施設の密度を見積もることができる。

Fig.4は、(15)式を用いて、 r_{grid} のグラフを α の関数として描いたものである。Fig.4から、1) r_{grid} は $\alpha^* = e^{-3/2} \approx 0.22$ を変曲点にもつ単調増加関数であること、2) $r_{\max}$ が小さいほど、 $\alpha^* < \alpha$ においてグラフの凸性は強くなることがわかる。たとえば、現状において休憩施設の設置間隔 r_{grid} を100mに設定している場合を考える。このとき、 $r_{\max}$ を100mと設定すると、 $\alpha = 0.14$ となる。政策目標として $\alpha = 0.10$ と設定するならば、 r_{grid} を93m以下に設定する必要がある。このように、(14)式とFig.4から、 $r_{\max}$ と α を設定するときの密度と設置間隔がわかる。

4. 現状の休憩施設の密度に基づく継続歩行距離分布の推定

東京駅および大手町駅周辺を対象に、現状の休憩施設の密度から継続歩行距離分布を推定し、休憩施設の必要量を明らかにする。以降、千代田区大手町1丁目、大手町2丁目、丸の内1丁目、丸の内2丁目および丸の内3丁目を「対象地区」と記す。地区面積は1,090,875m²である。

Fig.5は、対象地区の道路網、街区、ベンチおよび着座可能な花壇

Fig.4 Interval of resting places based on stochastic approach

等の分布を描いたものである^{注2)}。ただし、道路網の歩道、通路および公開空地に存在するベンチと花壇等に加えて、オフィスビルの1階部分の歩行可能な空間と丸の内1丁目の過半を占める東京駅の改札内（以降、「公共空間」と記す。）に存在するベンチと花壇等を調査対象とした。このとき、ベンチと花壇等の設置地点の総数はそれぞれ81（地上と地下におけるベンチの設置地点の総数はそれぞれ67と14）と30である。Fig.5から、1)東京駅八重洲口の休憩施設は丸の内側と比較して少ないこと、2)地下の公共空間における休憩施設の総数は地上と比較して非常に少ないことがわかる。

前述したように、対象地区における道路網や通路網は概ね格子状パターンである。Fig.2のように、永代通りと日比谷通りに沿ってx-y平面座標系を設定し、直交距離に基づいて現状の休憩施設の密度で実現しうる継続歩行距離分布を推定する。(10)式より、ベンチの設置間隔 r_{grid} は128m、花壇等も含めた休憩施設の設置間隔 r_{grid} は106mである（ただし、Fig.2の斜線部の面積を除く場合、ベンチの設置間隔 r_{grid} は123m、花壇等も含めた休憩施設の設置間隔 r_{grid} は102m）。以降、 r_{grid} の変化と継続歩行距離分布の関係を考察しやすくするために、 r_{grid} の値の概数をとる。このとき、Fig.3において、1)ベンチのみに着目すると、概ね $r_{\text{grid}} = 125$ となる休憩施設密度のもとで実現する継続歩行距離分布であること、2)花壇等も含めた休憩施設に着目すると、概ね $r_{\text{grid}} = 100$ となる休憩施設密度のもとで実現する継続歩行距離分布であることがわかる。

5. 継続歩行距離の減少に必要な休憩施設の量と整備方針

Fig.6とFig.7は、対象地区において、 $r_{\text{grid}} = 125$ と $r_{\text{grid}} = 100$ となる休憩施設密度のもとで、休憩施設を一樣ランダムに分布させたものである。Table1から、花壇等を休憩施設として扱うことで、最近隣距離が100m以上となる確率 α は0.28から0.14へ改善することがわかる。前述したように、高齢者の約65%の設置希望間隔は100m未満であることを考慮すると、確率 α をさらに改善する必要がある。(15)式において、 $\alpha = 0.03$ 、 $r_{\max} = 100$ のとき、 $r_{\text{grid}} = 75\text{m}$ となる。Table1から、 $r_{\text{grid}} = 50$ と設定するとき、確率 α は0に改善することがわかる。休憩施設を正方格子状に100m間隔で均等配置する場合、ベンチの設置地点の総数を現状の67（地上の場合）から109に増やす必要が

ある。ところが、最寄りの休憩施設までの最近隣距離を100m 未満 ($\alpha=0$) にするためには、 $r_{\text{grid}} = 50$ となる休憩施設の密度基準を満たす必要がある。対象地区の場合、この密度基準を満たすためには、ベンチの設置地点の総数を現状の67から436に増やす必要がある。他方、 $\alpha=0.03$ にするためには、 $r_{\text{grid}} = 75$ となる休憩施設の密度基準を満たす必要がある。この密度基準を満たすには、ベンチの設置地点の総数を現状の67から194に増やせば十分である。Fig.8とFig.9は、対象地区において、 $r_{\text{grid}} = 50$ と $r_{\text{grid}} = 75$ となる休憩施設密度のもとで、休憩施設を一樣ランダムに分布させたものである。両者のベンチの設置地点の総数の差は242である。後述するように、この差を解消する方法は複数考えられる。

とくに、地下の公共空間におけるベンチは、丸の内地区と大手町1丁目の一部に整備されているのみである (Fig.5の白丸十字および白十字の地点)。今後、地下の公共空間においても、継続歩行距離の減少に資するベンチの整備は重要である。Fig.6からFig.9までのように、一樣ランダムな休憩施設の分布は、ベンチの設置地点の総数に応じて配置を検討する際の規範となるであろう。

前述したように、現実の都市空間において、休憩施設を等間隔に整備するのは様々な理由により困難である。等間隔に設置できるならば、休憩施設の整備地点の総数は109で十分である。ところが、対象地区の場合、公共空間は複数の事業者によって管理されているため、対象地区全体で休憩施設を等間隔に整備することは不可能であろう。現実的には、事業者ごとにある程度の余裕をもって休憩施設を整備するのが望ましいと思われる。Fig.8とFig.9 (休憩施設の整備地点の総数はそれぞれ436と194) は、個々の事業者による休憩施設の整備結果を対象地区全体で見渡したときの一つの分布として捉えることもできる。

ベンチの設置地点の総数を増やす方法として、ベンチの整備に加えて、1)花壇の縁のように座ることができる空間、2)階段の一部において座ることのできるような空間、3)立ち止まって休むことができるような空間の整備も有効であると考えられる。ベンチがない場所であっても、歩行者は座ることができる環境を必要に応じて発見し作り上げている^{12), 13)}。対象地区では、花壇等の設置地点は多数あるため、花壇の縁の幅を広くすることにより、休憩施設を増加することはできると思われる。また、東京駅八重洲口では、階段に座る高齢者も散見された。このような取り組みによって、休憩施設の増加を図ることを提案したい。前述したように、東京駅八重洲口のベンチの総数は丸の内側と比較して少ない。とくに、八重洲口では地下街が面的に広がる反面、地下の公共空間におけるベンチの設置は皆無である。継続歩行距離の減少を図るためにも、ベンチの設置に加えて、地上への連絡階段の一部を座ることのできるような空間として整備することを提案したい。近年、階段等の段状構造がきっかけとなり、歩行者が着座滞在している場面も報告されている¹³⁾。

このように、ベンチ等の休憩施設の増加は継続歩行距離の減少を図るために重要である反面、事業者による維持管理の負担、ベンチ等へのパンダリズム行為も懸念される。吉田(2014)が指摘するように、ベンチへのいたづらや汚損、破壊、飲酒等の迷惑行為により、事業者のベンチの固定設置に対する忌避感は大いとも言われている¹⁴⁾。また、花壇等へのパンダリズム行為も懸念され、花壇の縁に着座できないようにする事例や、設計段階において花壇の縁を傾斜

Fig.5 Location of resting places in Otemachi and Marunouchi

Fig.6 Random location of resting places ($r_{\text{grid}} = 125\text{m}$)

Fig.7 Random location of resting places ($r_{\text{grid}} = 100\text{m}$)

Fig.8 Random location of resting places ($r_{\text{grid}} = 50\text{m}$)

させている事例も存在する。ベンチの設置に対する事業者の忌避感を軽減するためにも、ハード面では、上述の1)から3)までのような方法をベンチ増設の代替案として提案するとともに、ソフト面では、ベンチや花壇等の休憩施設の意匠の工夫をすることで、バンダリズム行為を誘発しないような取組も重要であると考えられる。

6. おわりに

本稿では、休憩施設の量（密度）と継続歩行距離の関係を、平面上における最近隣距離分布を規範として考察し、東京駅および大手町駅周辺を対象に、現状の休憩施設の密度で実現しうる継続歩行距離分布を明らかにした。また、継続歩行距離分布を改善するために更に必要な休憩施設の総数を明らかにした。主な結論はつぎのとおりである。

第一に、対象地区におけるベンチの設置地点の総数は81（地上と地下それぞれ67と14）であり、1)東京駅八重洲口のベンチの設置地点の総数は丸の内側と比較して少ないこと、2)地下の公共空間におけるベンチの総数は丸の内2丁目と大手町1丁目の一部のみであること、3)地上の公共空間の場合、着座可能な花壇等を含めた休憩施設の総数は97であることがわかった。

第二に、永代通りと日比谷通りに沿って x - y 平面座標系を設定し、直交距離に基づいて現状の休憩施設の密度で実現しうる継続歩行距離分布を推定した結果、1)ベンチのみに着目すると、概ね $r_{\text{grid}} = 125$ となる休憩施設密度のもとで実現する継続歩行距離分布であること、2)花壇等も含めた休憩施設に着目すると、概ね $r_{\text{grid}} = 100$ となる休憩施設密度のもとで実現する継続歩行距離分布であることがわかった。ベンチのみに着目した場合、最近隣距離が100m以上となる確率 α は0.28である一方で、着座可能な花壇等を休憩施設として扱うことで、確率 α は0.14へ改善することがわかった。

第三に、確率 α を0にするためには、ベンチの設置地点の総数を現状の67から436に増やす必要があることがわかった。他方、確率 α を0.03にするためには、ベンチの設置地点の総数を現状の67から194に増やせば十分であることがわかった。つまり、確率 α を0から0.03に僅かに許容するだけでも、ベンチの設置地点の総数は242も

Fig.9 Random location of resting places ($r_{\text{grid}} = 75\text{m}$)

減少することがわかった。

確かに、丸の内仲通りや行幸通りのように、エリアマネジメント組織等によって休憩施設の整備は増加傾向にある¹⁵⁾。その一方で、対象地区全体で見渡すと、高齢者が難く継続歩行するためには、より多くの休憩施設を整備する必要がある。とくに、高齢者はより安全かつ快適な歩行経路を選択する傾向にあることから、日陰やトイレの配置やバリアフリー対策の有無によって、歩行距離はより長くなる傾向にある。このため、継続歩行距離の減少を図るための施策は重要であると考えられる。政策目標として、最近隣距離が100m以上となる確率 α を段階的に減少し、ベンチの総数を徐々に増加することが現実的な整備方針であると考えられる。また、前節において提案したように、ベンチの整備に加えて、1)花壇の縁のように座ることができる空間、2)階段の一部において座ることのできるような空間、3)立ち止まって休むことができるような空間の整備も有効であると考えられる。花壇の縁の幅を着座可能な程度に広くすることにより、休憩施設を増加することはできると思われる。とくに、高齢者や障がい者などは、1)や2)のように着座可能な休憩施設の使用を優先し、それ以外の人々は3)のように立ち止まって休む施設の使用を促すことで、前者の着座可能性を向上する工夫も重要であると考えられる。

上述の整備方法の利点と欠点を整理すると、花壇や階段は維持管理されているため、着座や立ち止まって休む等の滞留可能な花壇や階段として整備することは、ベンチそのものを増設するよりも、事業者の維持管理費用の負担軽減に寄与すると考えられる。他方、花壇や階段そのものを整備するよりも費用は高くなるおそれがある。また、着衣の汚れを心配して着座が敬遠されること、ベンチに限らず花壇や階段等へのバンダリズムが行われることも懸念される。このように、整備方法の実現可能性の観点において、解決すべき課題が残されている。これらの課題の解決方法として、エリアマネジメント組織等による面的かつ一体的な休憩施設の整備（ハード面）と維持管理（ソフト面）を行う方法は有効であると思われる。個々の事業者による整備費用負担の軽減と効率的な維持管理の観点からも、面的かつ一体的な休憩施設の整備と維持管理は重要であると考えら

れる。

主な今後の課題はつぎの二点である。第一に、歩行空間のモデル化の妥当性を検証する必要がある。本稿では、平面上に休憩施設が分布する状況を考えた。他方、ネットワーク空間上に休憩施設が分布する状況を考えることもできる。ところが、現実の都市空間における歩行経路の自由度は、ネットワーク空間上よりも高く、平面上よりも低いと考えられる。歩行空間のモデル化の違いが継続歩行距離分布に及ぼす影響については今後の課題としたい。第二に、ベンチそのものの増設と花壇や階段等を滞留可能な休憩施設として整備する際の実現可能性を検討する必要がある。本稿では、継続歩行距離分布を改善するために更に必要な休憩施設の総数を明らかにし、休憩施設の設置地点を規範的に示した。一方で、1)具体的な設置場所、2)ベンチや花壇等の意匠、3)整備費用と維持管理費用の試算、4)バンダリズム行為を防ぐための「使い方」と「維持管理」などのソフト面の検討が残されている。とくに、具体的な設置場所については、日陰の有無やトイレへの近接性も考慮することで、高齢者の歩行を促すための工夫をする必要があると考えられる。

謝辞

東京大学空間情報科学研究センターの中村和彦特任研究員からArcGIS OnlineおよびCollector for ArcGISの操作法を教えてくださいました。また、東京大学の浅見泰司教授、日本OR学会2017年秋季研究発表会の場において貴重なコメントを頂きました。さらに、匿名の査読者より論文の内容を明確にするためのコメントを頂きました。本研究はJSPS科研費JP17K12978の助成を受けたものです。ここに記し謝意を表します。

注

注1) 国土交通省、独立行政法人都市再生機構、三菱地所株式会社、三井不動産株式会社のプレスリリース資料に基づき作成した。

注2) ベンチおよび花壇等の位置情報は、米国ESRI社のCollector for ArcGISおよび東京大学空間情報科学研究センターが学内向けに提供するArcGIS Onlineを使用して収集した。

参考文献

- 1) Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism: Guidelines for Town Planning in Terms of Health, Medical Care and Welfare, 2014.8 (<https://www.mlit.go.jp/common/001049464.pdf>) (in Japanese) (accessed 2017.9.1)
国土交通省都市局まちづくり推進課、都市計画課、街路交通施設課、「健康・医療・福祉のまちづくりの推進ガイドライン（技術的助言）」、2014.8 (<https://www.mlit.go.jp/common/001049464.pdf>) (accessed 2017.9.1)
- 2) Etman, A., et al.: Characteristics of residential areas and transportation walking among frail and non-frail Dutch elderly: does the size of the area matter?, International Journal of Health Geographics, vol.13, no.1, 7, 2014.3
- 3) Doi, S., et al.: A study on the establishment of resting facilities for elderly, Proceedings of Infrastructure Planning, no.22, pp.925-928, 1999.10 (in Japanese)
土居聡、三星昭宏、北川博巳、高齢者を考慮した歩行空間の休憩施設設置に関する研究、土木計画学研究・講演集, no.22, pp.925-928, 1999.10
- 4) Kitagawa, H., et al.: A study on the establishment of resting facilities for elderly, Infrastructure Planning review, vol.17, pp.981-987, 2000.9
北川博巳、土居聡、三星昭宏、歩行空間における高齢者のための休憩施設設置に関する研究、土木計画学研究・論文集, vol.17, pp.981-987, 2000.9 (in Japanese)
- 5) Oshima, H., et al.: Travel behaviors and use of sitting spaces of the

aged –A case of Shinagawa ward–, Journal of Architecture, Planning and Environmental Engineering (Transactions of AIJ), No.563, pp.171-177, 2003.1 (in Japanese)

- 大島秀明、天野克也、浅沼由紀、谷口汎邦、高齢者の外出行動と座りスペース利用に関する研究—品川区の場合—、日本建築学会計画系論文集, No.563, pp.171-177, 2003.1
- 6) Kakinuma, M., et al.: A study on behavioral characteristics in stay of elderly visitor –A case study of Sugamo Jizo-dori shopping mall–, Journal of the City Planning Institute of Japan, vol.43, no.3, pp.625-630, 2008.10 (in Japanese)
柿沼美紀、十代田朗、津々見崇、高齢来街者の滞留行動特性に関する研究—巣鴨地藏通り商店街を対象として—、都市計画論文集, vol.43, no.3, pp.625-630, 2008.10
 - 7) Getis, A. and Boots, B.: Models of Spatial Processes An Approach to the Study of Point, Line and Area Patterns, Cambridge University press, 1978.
 - 8) Koshizuka, T.: On the relation between the density of urban facilities and the distance to the nearest facility from a point in a given area, Journal of the City Planning Institute of Japan, vol.20, pp.85-90, 1985.
腰塚武志、都市施設の密度と利用者からの距離との関係について、都市計画論文集, vol.20, pp.85-90, 1985 (in Japanese)
 - 9) Clark, P. and Evans, F.: Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in population, Ecology, vol.35, pp.85-90, 1954
 - 10) Suzuki, T. and Miura, H.: Spatial distributions of flow density and crossing density and the dependency on routing system, Journal of the City Planning Institute of Japan, vol.51, no.3, pp.909-914, 2016.10 (in Japanese)
鈴木勉、三浦英俊、都市内の移動経路と流動量密度・交差密度の空間分布、都市計画論文集, vol.51, no.3, pp.909-914, 2016.10
 - 11) Kurita, O.: Mathematical Models in Urban and Regional Studies –Methods in Urban Analysis–, Kyoritsu Shuppan Co., Ltd., 2013.9 (in Japanese)
栗田治、都市と地域の数理モデル—都市解析における数学的方法—、共立出版, 2013.9
 - 12) Sakaguchi, M., et al.: A Study an Openspace Structure and Sitting Stationary People - Station Square, and So on, Summaries of Technical Papers of Annual Meeting Architectural Institute of Japan Kyushu Branch (Architectural planning), no.45, 449-452, 2006.3 (in Japanese)
坂口真弓、坂井猛、有馬隆文、屋外広場における着座滞留と空間構成に関する研究：駅前広場等を対象として、日本建築学会研究報告九州支部, no.45, 449-452, 2006.3
 - 13) Kondo, K., et al.: A study of sitting activities in urban open space with steps: Case study on the day with attraction, Summaries of Technical Papers of Annual Meeting Architectural Institute of Japan Kinki Branch (Architectural planning), no.47, 209-212, 2007.5 (in Japanese)
近藤幸介、小西至一、林田大作、段状構造を持つ都市オープンスペースにおける着座滞在に関する研究：イベント開催日におけるケーススタディ、日本建築学会近畿支部研究報告集, no.47, 209-212, 2007.5
 - 14) Yoshida, T.: Shop manager's intention whether to set benches for elderly passersby to shopping streets in Kyoto city center, Journal of the City Planning Institute of Japan, vol.49, no.3, pp.795-800, 2014.10 (in Japanese)
吉田哲、京都中心市街地商店街の個店における高齢の来街者向けベンチの設置意向、都市計画論文集, vol.49, no.3, pp.795-800, 2014.10
 - 15) The Council for Area Development and Management of Otemachi, Marunouchi, and Yurakucho.: The Council for Area Development and Management of Otemachi, Marunouchi, and Yurakucho 2016, 2016.5 (URL:http://www.otemachi-marunouchi-yurakucho.jp/wp/wp-content/themes/daimaruyu/pdf/info_daimaruyu_2016.pdf) (in Japanese) (accessed 2017.9.1)
一般社団法人大手町・丸の内・有楽町地区まちづくり協議会、大丸有協議会パンフレット、2016.5 (URL: http://www.otemachi-marunouchi-yurakucho.jp/wp/wp-content/themes/daimaruyu/pdf/info_daimaruyu_2016.pdf) (accessed 2017.9.1)

CONTINUOUS WALKING DISTANCE AND CRITERIA FOR DENSITY OF RESTING PLACES

Application to Tokyo central station and Otemachi station

Hiroyuki USUI^{*1} and *Kimihiro HINO*^{*2}

^{*1} Assist. Prof., Dept. of Urban Engineering, School of Engineering, The University of Tokyo, Dr.Eng.

^{*2} Assoc. Prof., Dept. of Urban Engineering, School of Engineering, The University of Tokyo, Dr.Eng.

According to the technical advice from the government of Japan, continuous walking distance tends to range from 500 m to 700 m and the distance tends to be shortened as people get older. In the literature, it was found that (1) 65% of elderly persons are satisfied if the interval between resting places is shorter than 100 m; and (2) 70% of elderly persons are satisfied if its interval is shorter than 50 m. In particular, when walking around Tokyo central station and Otemachi station, continuous walking distance is more than 100 m. Although continuous walking distance tends to be longer than 100 m, a sufficient number of resting places is not provided. To make urban space more walkable for elderly persons, continuous walking distance needs to be decreased by increasing the number of resting places. However, the relationship between the continuous walking distance distribution and the density of resting places has not been sufficiently theoretically investigated.

In this article, we investigated the aforementioned relationship with the application of the nearest neighbour distance distribution. Based on this theoretical model, we evaluated the number of resting places in order to improve continuous walking distribution. As the empirical study area, Tokyo central station and Otemachi station and their surroundings were selected. It was found that (1) the number of benches is 81 (67 (on the ground), 14 (under the ground)); (2) the number of resting places is 97 if flower beds are used as resting places; (3) the probability that the nearest distance between locations of benches is longer than 100 m is 0.28; (4) if flower beds are used as resting places, then its probability is 0.14; and (5) if its probability is to be close to 0, the number of additional resting places would be increased to 194 which is approximately 3 times larger than the present number.

Based on these theoretical investigations, we proposed the following practical ways rather than increasing the number of benches per se. First, flower beds are improved such that their edges have the appropriate width to provide resting places. Second, stairs are improved to provide resting places. In particular, on the eastern side of Tokyo station at Yaesu gate, the number of resting places needs to be drastically increased. Improvement of stairs is a practical way because stairs are already used as resting places. Third, a practical way would be to provide resting places that are not for sitting.

(2017年9月24日原稿受理, 2018年2月19日採用決定)