

余暇歩行量と近隣レベルでの土地利用の配置パターンとの関連 - GULP データを用いて -

佐藤理貴*・両宮護**・嚴先鏞**・中谷友樹***

The Relationship between Recreational Walking and Mixed Land Use Pattern in Neighborhood - with GULP Data -

Riki Sato*, Mamoru Amemiya**, Sunyong Eom**, Tomoki Nakaya***

The amount of recreational walking has been shown to be related to land use aggregated at the neighborhood level. However, existing land use indices do not adequately reflect land use patterns. This study aims to clarify the relationship between the amount of recreational walking and land use patterns. Specifically, we use land cover and building data to measure the land-use mix pattern and analyze the relationship with the amount of recreational walking in individual units as measured by the GULP social survey. As a result, we found a relationship between recreational walking and land use patterns.

余暇歩行 (recreational walking) /土地利用 (land use) /土地利用の配置パターン (land use pattern) /土地利用混合 (mixed land use) /GULP (Geo-social survey for Urban Lifestyle Preferences)

1. はじめに

余暇歩行は、歩くことそのもののみを目的とする徒歩行動であり、その促進は人々の健康の観点から重要である。移動目的での歩行と異なり、余暇歩行は、抑うつ状態の改善に有効であること（甲斐ら、2011）や、散歩などの余暇歩行を目的とする外出が主観的幸福感を高めること（橋本ら、2015）が明らかにされており、特有の健康促進効果がある。

余暇歩行は都市のウォークアビリティに関する研究でも、従属変数として扱われている（Van Dyck *et al.*, 2013; Lovasi *et al.*, 2008）。その中では、都市の「土地利用」が余暇歩行を促す指標の一つとされてきた。しかし、土地利用を計測する指標として用いられてきたのは、地域内に存在する特定の用途の土地利用面積の割合や施設数、エントロピーといった、土地利用の総量によって規定される指標であり（盛岡ら、2021）、土地利用の配置パターンについては扱われていない。歩行景観の評価に関する研究によると、景

観が画一的過ぎることもなく乱れすぎることもない、適度な統合感のあることが肯定的に評価されることが明らかになっている（篠原ら、1985）。また、散歩経路に関する研究では、散歩を行う際にいくつかの立ち寄り地を設定する回遊型の散歩が行われていることが指摘されている（森ら、2004）。これらを踏まえると、量的側面から見た時に土地利用が同等の地域であっても、その配置パターンによって、余暇歩行への影響は異なることが考えられる。

本研究は、土地利用の量的側面に加え、配置パターンを変数として考慮することで、余暇歩行と都市環境との関連をより説明できることを明らかにする。

2. 方法

2.1. データ

2.1.1. 余暇歩行

余暇歩行のデータとして、GULP (Geo-social survey for Urban Lifestyle Preferences) データ (埴淵編, 2022)

* 学生会員 筑波大学大学院システム情報工学研究群社会工学学位プログラム (University of Tsukuba)
〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1 E-mail : rikiriki310@gmail.com

** 正会員 筑波大学システム情報系 (University of Tsukuba)

*** 正会員 東北大学大学院環境科学研究科 (Tohoku University)

を使用する。このデータは、埴淵らが日本全国を対象に行った日本に居住する 20-69 歳の住民を対象とした大規模社会調査に基づくデータであり、回答者の年齢/性別/職業/世帯構成などの個人属性データや、歩く時間（通勤通学/工作中/買物/散歩/その他）等への設問の回答結果が、町丁目レベルでの回答者の住所と紐づけられて整理されている。本研究では、同データにおいて居住地が「東京都」であるものを対象に、「歩く時間（散歩）」と住所の項目を使用する。

「歩く時間（散歩）」は、「1 日に歩く時間は、平均すると何分くらいですか。」という質問に対し、「1. 歩かない（0分）」、「2. 30分未満」、「3. 30-60分未満」、「4. 60-90分未満」、「5. 90分以上」という 5 段階尺度で測られたデータである。本研究では、選択肢 2-5 をまとめることで、「歩く・歩かない」の 2 値データとして分析に用いる。

2.1.2. 個人属性

余暇歩行は個人属性の影響を受けるため、土地利用との関連を見るためには個人属性による影響を統制する必要がある。そこで、GULP データに含まれる個人属性データのうち、既存研究（Christian *et al.*, 2017; Kang *et al.*, 2017; Perchoux *et al.*, 2015）において余暇歩行に影響する個人属性として挙げられている、性別、年齢、世帯構成、就業形態、職種、収入、教育水準を使用し、個人属性による影響が統制された余暇歩行データを作成する。個人属性データの使用にあたり、GULP データには欠損値があるため、教育水準が「不明（0.4%）」であったデータは削除し、収入が「不明（12.0%）」であったデータはコールドデック法による予測値の代入を行った。欠損値処理を行った後の余暇歩行データと各個人属性の度数分布は表 1、2 の通りである。

2.1.3. 都市環境

盛岡ら（2021）において、余暇歩行に影響する都市環境として挙げられているものを指標として使用する（表 3）。データとして、国土数値情報の都市公園データ（国土交通省, 2011）と Zmap-AREAI（株式会社ゼンリン, 2019）の道路データ、建物データを使用する。

表 1：余暇歩行データの度数分布

余暇歩行	n	%
1. 歩かない（0分）	868	36.20%
2. 歩く	1530	63.80%
30分未満	778	32.44%
30-60分未満	521	21.73%
60-90分未満	156	6.51%
90分以上	75	3.13%

表 2：分析に使用した個人属性の度数分布

	変数	n	%
Total		2398	100%
年齢	19歳以下	158	6.59%
	20-24歳	296	12.34%
	25-29歳	267	11.13%
	30-34歳	265	11.05%
	35-39歳	253	10.55%
	40-44歳	313	13.05%
	45-49歳	265	11.05%
	50-54歳	241	10.05%
	55-59歳	215	8.97%
60歳以上	125	5.21%	
性別	男性	1231	51.33%
	女性	1167	48.67%
家族構成	配偶者あり	1194	49.79%
	配偶者なし	1204	50.21%
	子供あり	273	11.38%
	子供なし	2125	88.62%
	ペットあり	195	8.13%
	ペットなし	2203	91.87%
教育水準	中高卒	308	12.84%
	専門学校卒	569	23.73%
	大学卒	1352	56.38%
	大学院卒	169	7.05%
収入	収入なし	212	1.92%
	100万円未満	359	3.26%
	100-200万円	679	6.16%
	200-300万円	1368	12.40%
	300-400万円	1350	12.24%
	400-500万円	1269	11.51%
	500-700万円	2406	21.82%
	700-900万円	1417	12.85%
	900-1200万円	1200	10.88%
	1200-1500万円	441	4.00%
1500-2000万円	195	1.77%	
2000万円以上	132	1.20%	
職業有無	フルタイム	1559	65.01%
	パートタイム	308	12.84%
	仕事なし	531	22.14%
職種	管理	248	10.34%
	専門・技術	341	14.22%
	事務	502	20.93%
	販売	253	10.55%
	サービス	217	9.05%
	保安	16	0.67%
	農林漁業	1	0.04%
	生産・建設・輸送	86	3.59%
	その他	203	8.47%
	仕事なし	531	22.14%

2.1.4. 土地利用の配置パターン（土地利用混合度）

土地利用に関するデータとして、高解像度土地利用土地被覆図（宇宙航空研究開発機構, 2021）を用いる。このデータは 10m メッシュ単位で 12 種（水域、都市、水田、畑、草地、落葉広葉樹、落葉針葉樹、常緑広葉樹、常緑針葉樹、裸地、竹林、ソーラーパネル）に分類された土地被覆データである。このデータに、建物ポリゴンデータである Zmap-AREAI（株式会社ゼンリン, 2019）の「L_BLD（目標物・一般家枠）」レイヤを用いて、土地被覆データの建物メッシュに LAYERCODE（一般家枠、宿泊施設、商業施設、学校、余暇・レジャー、目標物、公共施設、医療、交通、その他）を紐づける。そして表 4 のように 8 つの用途（水域/住宅/商業施設/公共施設/道路等/樹林/草地/農地）に再分類し、土地利用メッシュデータを作成する。

土地利用の配置パターンの指標として、厳・鈴木（2016）が提案した混合度指標を用いる。この指標は、土地利用の配置パターンを、隣接性（同・異用途間の隣接の程度）、集積性（一定距離内にある同・異用途間の量）、近接性（異用途間の距離）の 3 つの側面から評価するものである。

$$\text{隣接度} : Adj_{kl} = \frac{1}{NI} \sum_i \sum_{j|j \in NC_i} x_{ik} \cdot x_{jl}$$

ここで、 Adj_{kl} : 用途 k と用途 l との隣接度、 I : 地区内のメッシュ総数、 N : 隣接メッシュ数、 NC_i : メッシュ i に隣接するメッシュの集合、 x_{ik} : メッシュ i の用途が k であれば 1（さもなくば 0）である。

$$\text{集積度} : Int_{kl} = \frac{1}{AI} \sum_i \sum_{j|i \neq j, d_{ij} < D} x_{ik} \cdot x_{jl}$$

ここで、 Int_{kl} : 用途 k と用途 l との集積度、 A : メッシュ i から距離 D 以内に存在するメッシュの総数、 d_{ij} : メッシュ i からメッシュ j までの距離である。また、厳・鈴木（2016）と同様に、 D を 500m と設定した。

$$\text{近接度} : Prox_{kl} = \frac{1}{I} \sum_i \sum_{j|i \neq j} x_{ik} \frac{1}{d_{ij}^{min}}$$

ここで、 $Prox_{kl}$: 用途 k と用途 l との近接度、 d_{ij}^{min} : メッシュ i から用途 l のメッシュまでの最短距離である。

混合度指標の算出は ArcGIS Pro で行った。隣接度については、各メッシュから 10m 以内を検索し、隣接するメッシュを最大 4 つまで空間結合したうえで、用途割合を算出した。そして、町丁目内のメッシュの用途ごとに、隣接メッシュの用途割合の和を求めた。集積度については、各メッシュから 500m バッファを作成し、各バッファ内に存在するメッシュの用途割合を求めた。そして、町丁目内のメッシュの用途ごとに、バッファ内のメッシュの用途割合の和を求めた。近接度については、各メッシュから用途の異なるメッシュまでの最短距離を求めた。そして、

表 3 : 盛岡らが用いた都市環境指標

指標	計算方法
商業施設密度	各施設の総面積 町丁目面積
公共施設密度	
住宅密度	各道路の長さ 町丁目面積
幅員 3m 未満道路密度	
幅員 3m-5.5m 道路密度	
幅員 5.5m-13m 道路密度	
幅員 13m-19.5m 道路密度	
幅員 19.5m 以上道路密度	都市公園数 町丁目面積
都市公園密度	

表 4 : 用途分類

土地被覆	土地利用	分類
都市	一般家枠	住宅
	目標物	
	その他	
	宿泊施設	商業施設
	商業施設	
	余暇・レジャー	
	公共施設	
	医療	公共施設
	交通	
	学校	
なし（道路等）		
裸地（駐車場等）	道路等	
ソーラーパネル		
水域	水域	
落葉広葉樹	樹林	
落葉針葉樹		
常緑広葉樹		
常緑針葉樹		
竹林		
草地	草地	
水田	農地	
畑		

町丁目内のメッシュの用途ごとに、最短距離の逆数の和を求めた。

2.2. 分析

まず、個人属性による影響を統制した余暇歩行データを作成する。具体的には、余暇歩行の有無の2値データを従属変数、個人属性を独立変数とする二項ロジスティック回帰分析を行い、観測された残差を標準偏差の推定値で除した値である Pearson 残差を余暇歩行の指標として使用する。

次に、既存研究で用いられた都市環境指標を独立

表 5：個人属性と余暇歩行との関連に関する回帰分析の結果

変数	β	p	95%信頼区間	
			下限	上限
性別	0.296	0.000	0.129	0.463
ペットあり	0.467	0.000	0.200	0.734
教育水準				
中高卒	-0.518	0.005	-0.876	-0.159
専門学校卒	-0.384	0.021	-0.710	-0.058
大学卒	-0.274	0.069	-0.569	0.021
収入	0.010	0.545	-0.023	0.043
職業有無				
フルタイム	-0.195	0.222	-0.509	0.118
パートタイム	-0.276	0.107	-0.611	0.060
職種				
管理	0.275	0.134	-0.084	0.634
専門・技術	0.033	0.842	-0.295	0.361
事務	0.016	0.920	-0.291	0.323
販売	0.148	0.395	-0.194	0.490
サービス	-0.186	0.305	-0.541	0.169
保安	0.386	0.413	-0.539	1.311
農林漁業	0.113	0.951	-3.449	3.674
生産・建設・輸送	-0.539	0.028	-1.018	-0.060

変数とし、新たに作成された余暇歩行の指標（標準化残差）を従属変数とする重回帰分析を行う。多重共線性を回避するため、独立変数として使用する変数間の相関係数が 0.5 以上となった指標は 1 つを残して除外する。分析結果より、既存研究で用いられた指標による余暇歩行の説明力を確認する。

表 6：有意な主成分と関連の強い変数

主成分	影響力の高い変数
隣接度の主成分 5	水域-道路等, 水域-住宅ほか
隣接度の主成分 6	樹林-道路等, 樹林-住宅ほか
隣接度の主成分 9	草地-水域, 農地-住宅ほか
隣接度の主成分 12	商業施設-公共施設, 商業施設-水域ほか
隣接度の主成分 14	樹林-商業施設, 草地-商業施設ほか
隣接度の主成分 16	農地-商業施設, 草地-商業施設ほか
隣接度の主成分 20	草地-公共施設, 樹林-公共施設ほか
集積度の主成分 1	住宅-住宅, 農地-道路等ほか
集積度の主成分 4	公共施設-農地, 商業施設-道路等ほか
近接度の主成分 3	商業施設-道路等, 商業施設-住宅ほか
近接度の主成分 6	住宅-道路等, 住宅-公共施設ほか
近接度の主成分 9	住宅-草地, 道路等-農地ほか

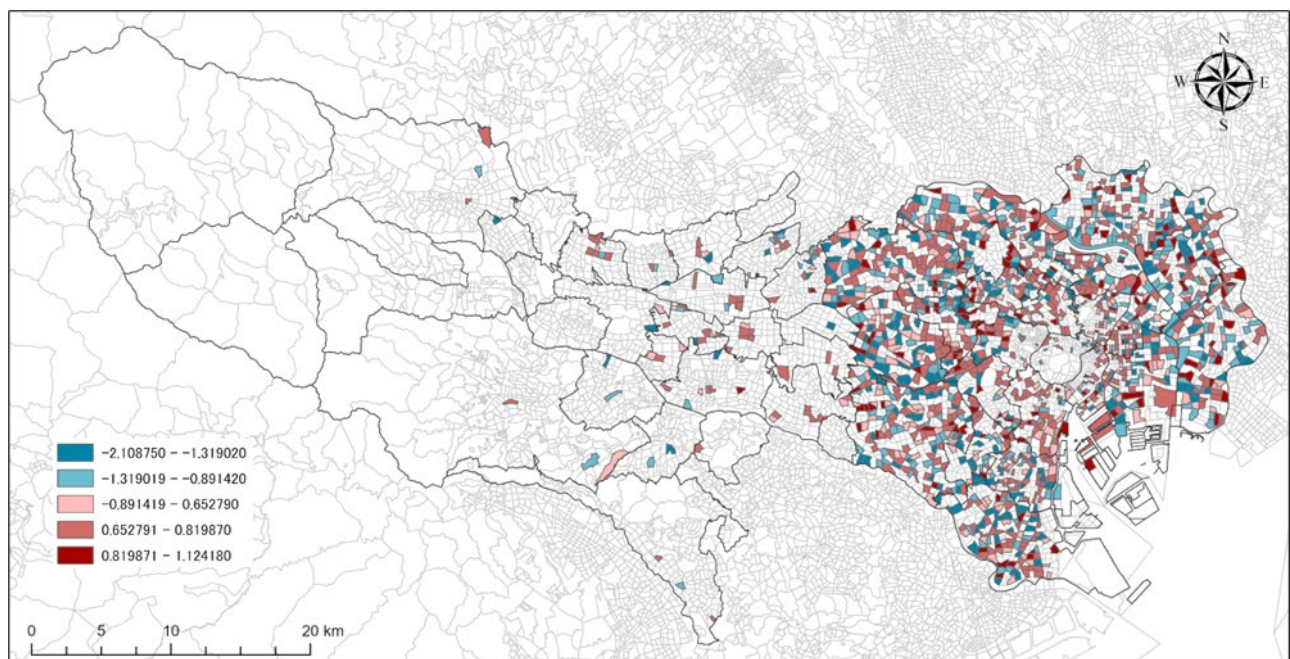


図 1：余暇歩行データ（標準化残差）の地理的分布

最後に、土地利用の混合度指標を重回帰分析に独立変数として新たに投入することで、モデルの説明力の向上を確認する。土地利用の混合度指標は、土地利用用途同士の組み合わせ数の分だけ作成され煩雑であるため、主成分分析により指標を集約する。各主成分の得点と余暇歩行の指標（標準化残差）との相関を予め確認し、相関の見られる主成分だけを重回帰分析に投入する。この際、最初の重回帰分析と同様に多重共線性の問題に配慮して適宜変数の選択を行う。

3. 結果

3.1. 個人属性と余暇歩行との関連

個人属性を独立変数、余暇歩行（2 値）を従属変数とする二項ロジスティック回帰分析の結果が表 5 である。得られたモデルの疑似 R2 乗値は 0.031、有意確率（オムニバス検定）は 0.000 となっており、当てはまりの良いモデルが得られた。

3.2. 余暇歩行と都市環境との関連

都市環境指標同士での相関をみたところ、住宅密度、幅員 3m 未満道路密度、3-5.5m 道路密度、5.5m-13m 道路密度、19.5m 以上道路密度の 5 つの変数間

表 7：都市環境指標、土地利用混合と余暇歩行との関連に関する回帰分析の結果

	モデル 1		モデル 2	
	β	p	β	p
(定数)		0.005		0.028
商業施設密度	-0.039	0.060	-0.035	0.101
公共施設密度	0.061	0.007	0.027	0.333
住宅密度	-0.004	0.866	0.012	0.612
13m-19.5m 未満道路密度	0.071	0.000	0.063	0.002
公園密度	0.047	0.021	0.041	0.045
隣接度の主成分 5	—		0.036	0.152
隣接度の主成分 6	—		-0.053	0.009
隣接度の主成分 9	—		0.05	0.017
隣接度の主成分 12	—		-0.04	0.050
隣接度の主成分 14	—		-0.045	0.033
隣接度の主成分 16	—		0.043	0.034
隣接度の主成分 20	—		0.053	0.009
R2 乗	0.012	0.000	0.026	0.000
$\Delta R2$ 乗		0.014		0.000

の相関係数が、それぞれ 0.5 以上となった。そこで、住宅密度以外の 4 つの変数を除いた都市環境指標を重回帰分析の独立変数として用いた。3.1 で得られた余暇歩行データ（標準化残差）（図 1）を従属変数とする重回帰分析を行った結果が表 6 のモデル 1 である。R2 乗値は 0.012、AIC は 6784.524 となった。

3.3. 余暇歩行と土地利用配置パターンとの関連

土地利用混合度指標として、隣接度 64 変数、集積度 64 変数、近接度 56 変数を計算した。これらの変数を要約するために、隣接度、集積度、近接度のそれぞれごとに主成分分析を行った。その結果、隣接度は 21 個、集積度は 7 個、近接度 11 個の主成分が抽出された。累積寄与率は、隣接度が 90.2%、集積度が 98.1%、近接度が 82.3% となった。

得られた計 39 の主成分の中から、余暇歩行と関連のある変数を抽出する目的で、相関分析を行った。その結果、余暇歩行（標準化残差）と、隣接度の主成分 5、6、9、12、14、16、20、集積度の主成分 1、4、近接度の主成分 3、6、9 との間に有意な相関がみられた。これらの主成分得点同士での相関分析を行ったところ、隣接度の主成分 5 と近接度の主成分 6 との間、隣接度の主成分 6 と集積度の主成分 4 および近接度の主成分 3 との間、隣接度の主成分 9 と集積度の主成分 1 との間、隣接度の主成分 12 と近接度の主成分 9 との間に相関係数 0.5 以上の強い相関があった。そこで、集積度の主成分 1、4、近接度の主成分 3、6、9 を除いた主成分の主成分得点を重回帰分析の独立変数として用いることとした。

余暇歩行データ（標準化残差）を従属変数とする重回帰分析を行った結果が表 7 のモデル 2 である。R2 乗は 0.026、AIC は 6764.896 となり、配置パターンを変数に含めないモデルと比較して当てはまりの良いモデルとなった。都市環境指標のみを用いたモデルからの決定係数の増加分は 5%水準において有意であり、土地利用の混在度指標を独立変数として用いることで、余暇歩行をより説明できるようになったといえる。

4. おわりに

本研究では、土地利用の配置パターンに関する指標を考慮することで、人々の余暇歩行をより説明できることを仮説とした分析を行った。その結果、仮説を支持する結果が得られた。説明力の向上をもたらした個々の主成分の意味するところの解釈は今後の課題である。GULP データには、主観的近隣評価等の項目も含まれており、そうした指標を用いた分析をさらに行い、余暇歩行と土地利用混合度指標との関係に解釈を与えていく予定である。

謝辞

本研究で利用したデータ (GULP) は、JSPS 科研費 17H00947 (代表: 埴淵知哉) の助成を受けて収集されたものです。記して謝意を示します。

参考文献

宇宙航空研究開発機構 (2021) 土地利用土地被覆図 日本域 10m 解像度. 2022/8/20 閲覧 https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/dataset/lulc_j.htm

巖先鏞・鈴木勉 (2016) 用途間の隣接性・集積性・近接性の観点から見た混合土地利用パターンの定量化東京都23区における地区分類と手段別分担率との関係の分析. 都市計画論文集, 51(3), 867-874.

甲斐裕子・永松俊哉・山口幸生・徳島了 (2011) 余暇身体活動および通勤時の歩行が勤務者の抑うつに及ぼす影響. 体力研究, 109, 1-8.

株式会社ゼンリン (2019) Zmap-AREAI (2019-3 版)

国土交通省 (2011) 国土数値情報. 2022/08/26 閲覧 <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>

篠原修・屋代雅充 (1985) 街路景観のまとまりに及ぼす沿道建物の効果に関する計量心理学的研究. 土木学会論文集, (353), 131-138.

橋本成仁・厚海尚哉 (2015) 高齢者の余暇活動と主観的幸福感に関する研究. 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 71 (5), I_567-I_576.

埴淵知哉編 (2022) 社会調査で描く日本の大都市. 古今書院

森一彦・井上昌子・奥田夏子 (2004) 2 つの異なる地域環境における高齢者の散歩行動の比較分析:

既成市街地と新興住宅地におけるケーススタディ. 日本建築学会計画系論文集, 69 (583), 53-59.

盛岡諄平・松尾薫・加我宏之・武田重昭 (2021) 散歩を支える「歩きやすい」と「歩きたくなる」環境要因から捉えたウォーカビリティに関する研究 大阪市域における 24 区別の散歩の発生特性と市内の特定地域における散歩ルートを選択特性から. 都市計画論文集, 56 (3), 477-484.

Christian, H., Knuiaman, M., Divitini, M., Foster, S., Hooper, P., Boruff, B., Bull, F., & Giles-Corti, B. (2017). A longitudinal analysis of the influence of the neighborhood environment on recreational walking within the neighborhood: results from RESID. *Environmental health perspectives*, 125 (7), 077009.

Kang, B., Moudon, A. V., Hurvitz, P. M., & Saelens, B. E. (2017). Differences in behavior, time, location, and built environment between objectively measured utilitarian and recreational walking. *Transportation research part D: transport and environment*, 57, 185-194.

Lovasi, G. S., Moudon, A. V., Pearson, A. L., Hurvitz, P. M., Larson, E. B., Siscovick, D. S., Berke, E. M., Lumley, T., & Psaty, B. M. (2008). Using built environment characteristics to predict walking for exercise. *International journal of health geographics*, 7(1), 1-13.

Perchoux, C., Kestens, Y., Brondeel, R., & Chaix, B. (2015). Accounting for the daily locations visited in the study of the built environment correlates of recreational walking (the RECORD Cohort Study). *Preventive medicine*, 81, 142-149.

Van Dyck, D., Cerin, E., Conway, T. L., De Bourdeaudhuij, I., Owen, N., Kerr, J., Cardon, G., Frank, L., Saelens, B. E., & Sallis, J. F. (2013). Perceived neighborhood environmental attributes associated with adults' leisure-time physical activity: Findings from Belgium, Australia and the USA. *Health & place*, 19, 59-68.