

ドクターヘリの効果的な運用と安全管理に関する研究

④ドクターヘリ夜間運航に関する研究：2) 需要の調査
1. ドクターヘリ夜間運航の需要推定

研究分担者 鳥海 重喜 中央大学工学部情報工学科 准教授

研究要旨

【目的】ドクターヘリの夜間運航を行った場合に想定される需要の空間分布を、救急自動車による搬送実績から推計する。さらに、都道府県別に夜間需要が最も多くなると推定されるランデブーポイントを明らかにする。【方法】消防庁から提供された2019年度の全国の救急搬送人員データから、東京消防庁を除く約524万6千件の搬送事例を対象として、(a)搬送理由、(b)出動時刻、(c)移動時間を抽出条件としてドクターヘリの夜間需要を推定する。そして、救急医療機関と消防署の位置データを利用して、救急自動車による搬送が適した地上搬送地域と、ドクターヘリによる搬送が適した地上搬送外地域に全国を分割し、ドクターヘリの夜間需要の空間分布を可視化する。さらに、ドクターヘリの夜間運航において、有視界飛行を行うことを想定し、夜間でも明るい都市部（人口集中地区）を夜間飛行可能領域と定義し、その領域にあるランデブーポイントに対して夜間需要を割り当てる。【結果】全国で年間に約2.5万件の夜間需要があると推定された。地上搬送外地域の人口を集計した結果、全国で23,278千人で、人口千人あたりの夜間需要は1.09件であった。ランデブーポイントから5kmの範囲で圏域人口を求めると、最も多かったのは福岡県にあるランデブーポイントで、年間132件の夜間需要が見込まれた。一方、最も少なかったのは青森県で年間3件程度の夜間需要が見込まれた。【考察】都道府県別に夜間需要が最多となるランデブーポイントを比較すると、年間で3件～132件と、幅が広いことがわかる。圏域を10km、15kmと拡大するにつれて、推定された搬送件数は増加し、15kmとした場合に最も多くなったのは新潟県のランデブーポイントで年間に361件の夜間需要が見込まれた。【結論】ランデブーポイント当たりの夜間需要に都道府県格差が大きく、また最大カバー地域が県境を跨ぐことも多いため、都道府県単位で夜間の離着陸可能なランデブーポイントを整備するのではなく、全国を俯瞰して整備するランデブーポイントを決めることが重要であることが示唆された。

A. 研究目的

本研究の目的は、ドクターヘリの夜間運航を行った場合に想定される需要の空間分布を推計することである。

現在我が国では、ドクターヘリの夜間運航は実施されていないため、日中の時間帯であればドクターヘリが要請されるような救急搬送事案であっても、救急自動車による地上搬送が行われている。ドクターヘリの夜間運航を実現するには、技術的な課題の解決や法制度の整備などが必要であるが、本研究では現状で想定されるドクターヘリの夜間需要を救急自動車による搬送実績から推計する。

実際に夜間運航を行うには、既存のランデブーポイントに対して照明設備を整備するなどの対応が必要となることから、都道府県別に夜間需要が最も多くなると推定されるランデブーポイントを明らかにする。

B. 研究方法

（夜間需要の推定）

消防庁から提供された2019年度の全国の救急搬送人員データから、東京消防庁を除く約524万6千件の搬送事例を対象として、(i)搬送理由、(ii)出動時刻、(iii)移動時間を抽出条件としてドクターヘリの夜間需要を推定する。東京消防庁を除外した理由

は、提供されたデータ形式が他地域のデータ形式と異なり統合的に扱うことが困難であったためである。

まず、搬送理由の抽出条件として、ドクターヘリによる搬送事例で多く見られる症例である脳疾患、心疾患、外傷に限定する。具体的には、

【脳疾患系・心疾患系】

a1. 「事故種別」が「急病（010）」

a2. 「傷病名：急病」が以下のいずれか

- 循環器系脳疾患（01）
- 循環器系脳疾患 - くも膜下出血（0101）
- 循環器系脳疾患 - 脳内出血（0102）
- 循環器系脳疾患 - 脳梗塞（0103）
- 循環器系心疾患（02）
- 循環器系心疾患 - （虚血性心疾患）心筋梗塞（0205）
- 循環器系心疾患 - 動脈、細動脈及び毛細血管の疾患（0209）

【外傷系】

b1. 事故種別が以下のいずれか

- 火災（001）
- 水難事故（003）

- 交通事故 (004)
- 労働災害 (005)
- 運動競技 (006)
- 一般負傷 (007)
- 加害 (008)
- 自損行為 (009)

という条件を満たす搬送事例に限定する。さらに、両者に共通の条件として、

【共通】

c1. 初診医による重症度評価が以下のいずれか

- 死亡 (001)
- 重篤 (002)
- 重症 (003)

を加える。

次に、**出動時刻**の抽出条件として、「指令時刻（不明な場合は入電時刻）が0時00分から7時59分、もしくは18時00分から23時59分」とする。

最後に、**移動時間**の抽出条件であるが、現場到着時刻と指令時刻（不明な場合は入電時刻）の差を**現着時間**、病院到着時刻と現場出発時刻の差を**搬送時間**とし、(i)現着時間が20分以上、(ii)搬送時間が20分以上、(iii)現着時間が10分以上かつ搬送時間が10分以上、のいずれかに該当する搬送を抽出する。

そして、前述の脳疾患系・心疾患系の抽出条件(a1, a2)と共通条件(c1)を満たし、出動時刻と発生場所の条件も満たす事例を**脳疾患系・心疾患系のドクターヘリ搬送適格事例**とする。同様に、外傷系の抽出条件(b1)と共通条件(c1)を満たし、出動時刻と発生場所の条件も満たす事例を**外傷系のドクターヘリ搬送適格事例**とする。さらに両者を合わせた搬送事例を単に**ドクターヘリ搬送適格事例**（以下、DH適格事例）とする。524万6千件の搬送事例に対して、DH適格事例は25,348件(0.48%)であった。

(夜間需要の空間分布)

救急搬送人員データには、出動地点や現場、搬送先病院などの具体的な位置や移動距離が含まれていない。そこで、移動時間を移動距離に換算し、前述の移動に要した時間の抽出条件に相当する地域を**地上搬送外地域**とし、それ以外の地域を**地上搬送地域**とする。地上搬送地域を以下のいずれかの条件を満たす地域と仮定する。

【地上搬送地域】

- 救急医療機関から5km以内かつ消防署から10km以内
- 救急医療機関から10km以内かつ消防署から5km以内

救急医療機関は3次救急病院と年間搬送件数が2500件以上の2次救急病院とし、消防署は全国の消防本部、本署、分署とした。

(夜間飛行可能領域)

全国的に見れば、現状では離着陸場所や運航管理

方式を含めて、夜間飛行の環境が整備されていないが、大都市圏などの一部地域では、夜間であっても地上が明るいためパイロットが地形を把握することが可能であり、地上整備を整えば有視界飛行が可能であると考えられる。そこで、夜間でも地上が明るいと考えられる都市部(平成27年国勢調査に基づき総務省が定めた人口集中地区)を**夜間飛行可能領域**とする。具体的には、人口集中地区の5km圏域を併合し、その領域内に含まれるドクターヘリ基地病院から到達可能な領域を夜間飛行可能領域と設定した。これは、基地病院から地上の明かりを辿って飛行することを意味している。

さらに、夜間飛行可能領域に存在しているランデブーポイントを夜間に離発着できるように整備する候補地点と仮定する。各ランデブーポイントの圏域人口(5km圏域, 10km圏域, 15km圏域)を集計し、都道府県別に最大の人口をカバーするランデブーポイントを求める。

(倫理面への配慮)

救急搬送人員データには、個人を特定する項目は含まれておらず、倫理的問題を生じる可能性は少ないと考えられたが、情報管理等や人権擁護等には細心の注意を払った。

C. 研究結果

(都道府県別夜間早朝ドクターヘリ搬送適格事例)

東京都を除く、全国の都道府県別夜間早朝ドクターヘリ搬送適格事例件数及び日中(8時00分から17時59分)の同事例件数を表1に示す。全国の夜間早朝ドクターヘリ搬送適格事例件数は25,341件であった。内訳は、脳疾患系・心疾患系のドクターヘリ搬送適格事例が15,659件、外傷系のドクターヘリ搬送適格事例が9,682件であった。日中と比較対照すると、脳疾患系・心疾患系のドクターヘリ搬送適格事例が16,196件、外傷系のドクターヘリ搬送適格事例が17,210件であるので、脳疾患系・心疾患系は概ね件数は変わらないのに対し、外傷系は大きく減っている。これは、人々の活動量が夜間早朝では日中と比べて減少することに起因していると考えられる。

都道府県別に多い順に並べると、北海道(1,359件)、千葉県(1,349件)、埼玉県(1,290件)、新潟県(1,210件)、兵庫県(937件)であった。全般的には、東日本で多いという結果であった(図1)。

都道府県に配備済みのドクターヘリ1機あたりに換算した結果を図2に示す。北海道には4機、千葉県には2機が配備されているので、1機あたりでみると最も多いのは埼玉県となった。

¹ 国勢調査基本単位区及び基本単位区内に複数の調査区がある場合は調査区(以下「基本単位区等」という)を基礎単位として、1)原則として人口密度が1平方キロメートル当たり4,000人以上の基本単位区等が市区町村の境界内で互いに隣接して、2)それらの隣接した地域の人口が国勢調査時に5,000人以上を有する地域。

表1. 都道府県別ドクターヘリ搬送適格事例件数

	日中(8時～18時)				夜間早朝(0時～8時, 18時～24時)			
	疾患系 件数	外傷系 件数	DH 適格 件数	人口千人比 DH 適格 件数	疾患系 件数	外傷系 件数	DH 適格 件数	人口千人比 DH 適格 件数
1 北海道	916	1,053	1,969	0.377	912	447	1,359	0.260
2 青森県	296	279	575	0.464	310	146	456	0.368
3 岩手県	456	395	851	0.703	429	175	604	0.499
4 宮城県	468	432	900	0.391	457	217	674	0.293
5 秋田県	364	353	717	0.747	309	185	494	0.515
6 山形県	313	337	650	0.608	332	203	535	0.501
7 福島県	575	589	1,164	0.635	555	313	868	0.473
8 茨城県	566	451	1,017	0.355	578	302	880	0.307
9 栃木県	299	310	609	0.315	303	177	480	0.248
10 群馬県	406	382	788	0.406	374	195	569	0.293
11 埼玉県	860	769	1,629	0.222	781	509	1,290	0.176
12 千葉県	892	678	1,570	0.250	912	437	1,349	0.215
13 東京都	-	-	-	-	-	-	-	-
14 神奈川県	657	426	1,083	0.117	570	348	918	0.099
15 新潟県	775	750	1,525	0.692	780	430	1,210	0.549
16 富山県	101	115	216	0.209	104	72	176	0.170
17 石川県	199	270	469	0.414	224	143	367	0.324
18 福井県	98	143	241	0.314	101	81	182	0.237
19 山梨県	103	242	345	0.426	106	117	223	0.275
20 長野県	409	464	873	0.426	347	256	603	0.294
21 岐阜県	344	367	711	0.359	260	151	411	0.208
22 静岡県	371	394	765	0.210	369	210	579	0.159
23 愛知県	423	293	716	0.095	409	184	593	0.079
24 三重県	439	461	900	0.508	453	259	712	0.402
25 滋賀県	114	99	213	0.151	112	60	172	0.122
26 京都府	171	220	391	0.152	156	106	262	0.102
27 大阪府	162	220	382	0.043	138	130	268	0.030
28 兵庫県	462	540	1,002	0.183	511	426	937	0.171
29 奈良県	100	177	277	0.209	91	98	189	0.143
30 和歌山県	187	232	419	0.455	203	135	338	0.367
31 鳥取県	96	116	212	0.383	130	74	204	0.368
32 島根県	199	129	328	0.488	233	59	292	0.435
33 岡山県	519	632	1,151	0.609	541	365	906	0.479
34 広島県	428	570	998	0.356	393	346	739	0.264
35 山口県	168	197	365	0.272	147	114	261	0.194
36 徳島県	192	178	370	0.520	221	89	310	0.436
37 香川県	163	208	371	0.391	144	118	262	0.276
38 愛媛県	316	374	690	0.517	274	217	491	0.368
39 高知県	302	351	653	0.944	310	198	508	0.734
40 福岡県	305	339	644	0.125	278	212	490	0.095
41 佐賀県	152	209	361	0.488	162	112	274	0.370
42 長崎県	316	390	706	0.538	248	229	477	0.363
43 熊本県	333	440	773	0.444	308	238	546	0.314
44 大分県	246	461	707	0.629	216	211	427	0.380
45 宮崎県	314	377	691	0.652	315	206	521	0.491
46 鹿児島県	438	569	1,007	0.634	391	221	612	0.385
47 沖縄県	183	229	412	0.284	162	161	323	0.223
全国計	16,196	17,210	33,406	0.298	15,659	9,682	25,341	0.226

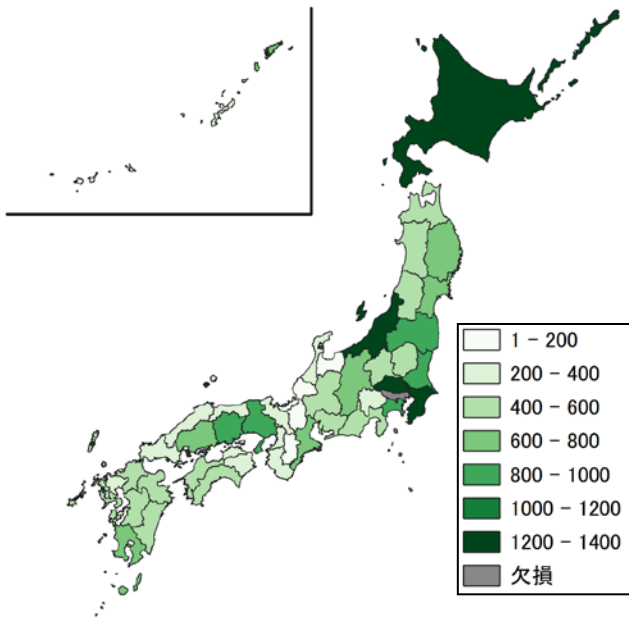


図1. 都道府県単位の
夜間早朝ドクターヘリ適格事例件数

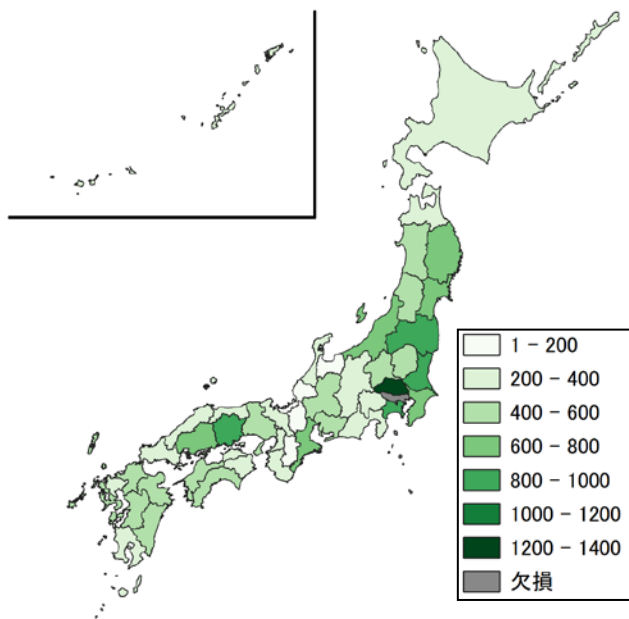


図2. 都道府県単位の配備1機あたりの
夜間早朝ドクターヘリ適格事例件数

(夜間需要の空間分布)

2020年に実施された国勢調査結果の500mメッシュ(1/2地域メッシュ)単位の人口分布に対し、地上搬送地域(図3)を除外して、地上搬送外地域の人口分布とする。地上搬送外地域の人口を集計した結果、全国で23,278千人(メッシュ数は30.7万)であることが明らかになった(図4)。先程推計した夜間早朝のドクターヘリ適格事例は25,341件であったので、人口千人あたりの夜間早朝ドクターヘリ適格事例は年間で1.09件/千人である。

(夜間飛行可能領域内のランデブーポイント)

JSAS-Rに登録されている全国のランデブーポイントに対し、夜間飛行可能領域に含まれているか判定する。夜間飛行可能領域に含まれているランデブーポイントを図5に示す。図5において、緑色の◇で示されているのが、該当するランデブーポイントである。各都道府県の県庁所在地など都市部に多く存在している。

(ランデブーポイントの圏域人口)

図4に示した地上搬送外地域の人口分布に対して、図5に示した夜間飛行可能領域内に存在するランデブーポイントを重ね合わせる。そして、各ランデブーポイントから半径10km以内の領域に含まれる地上搬送外地域の人口(10km圏域人口)を集計する。結果を地方別に図6から図15に示す。各図において、都道府県別に10km圏域人口が最大となったランデブーポイントを示している。なお、東京都および福井県には該当するランデブーポイントが存在していないため除外している。また、県境付近に存在するランデブーポイントが選ばれている場合、当該県内からの飛行ではなく、隣接県からの飛行となっている場合があることに注意が必要である。例えば、図8の福島県の例では、福島県の基地病院である福島県立医科大学付属病院からは到達できず、宮城県の仙台医療センター・東北病院からの出動が想定されている。同様に、図13の熊本県の例では、熊本県内で最大となるランデブーポイントに到達できるのは、福岡県の久留米大学病院からの出動となっている。

各ランデブーポイントの圏域を半径5km, 10km, 15kmとして、全国の結果をまとめたものを図16から図18に示す。圏域を半径5km以内とした場合(図16)、都道府県別にみて最大となったのは福岡県で圏域人口は121,455人であった。これは夜間早朝ドクターヘリ適格事例件数に換算すると年間で132件に相当する。続いて、北海道(117,046人, 128件)、福島県(107,230人, 117件)、新潟県(101,773人, 111件)、広島県(93,907人, 102件)となっている。一方、最小となったのは青森県で、2,850人で年間3件程度の搬送に止まる。

ランデブーポイントの圏域を半径10kmとした場合(図17)、圏域人口が最大となったのは、熊本県で219,302人であり、夜間早朝ドクターヘリ適格事例件数に換算すると年間で239件に相当する。続いて、新潟県(209,532人, 228件)、北海道(202,975人, 221件)、福岡県(190,587人, 208件)、兵庫県(179,228人, 195件)となっている。一方、最小となったのは秋田県(20,848人, 23件)である。

ランデブーポイントの圏域を半径15kmとした場合(図18)、圏域人口が最大となったのは、新潟県で331,135人であり、夜間早朝ドクターヘリ適格事例件数に換算すると年間で361件に相当する。続き

て、北海道 (312,095人, 340件), 熊本県 (287,289人, 313件), 福岡県 (269,757人, 294件), 石川

県 (232,877人, 254件) となっている. 一方, 最小となったのは沖縄県 (26,720人, 29件) である.

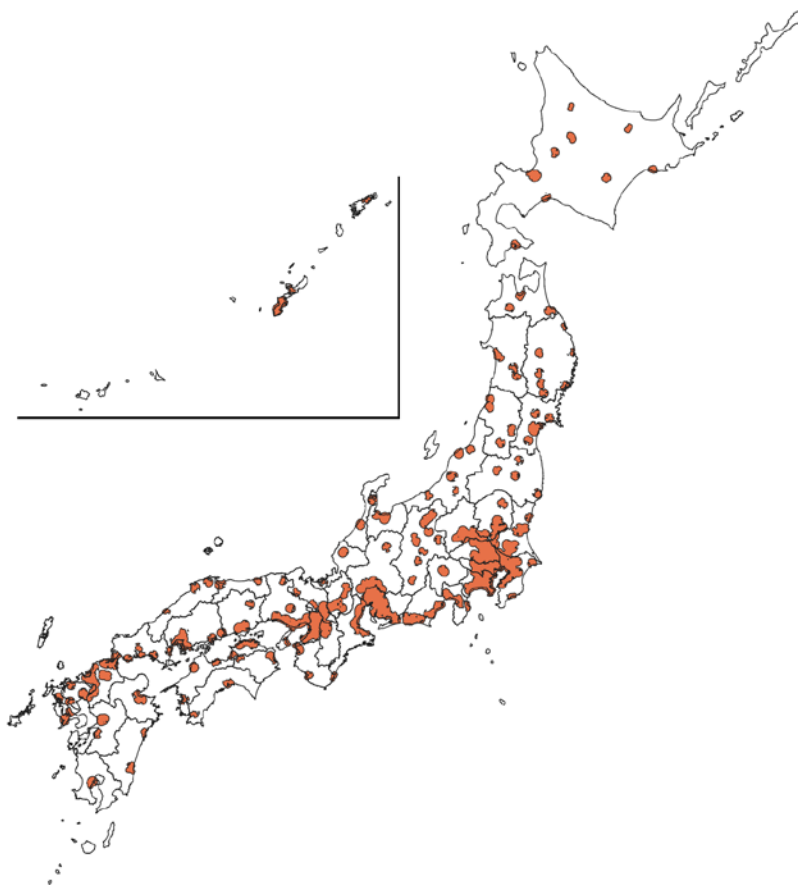


図3. 地上搬送地域

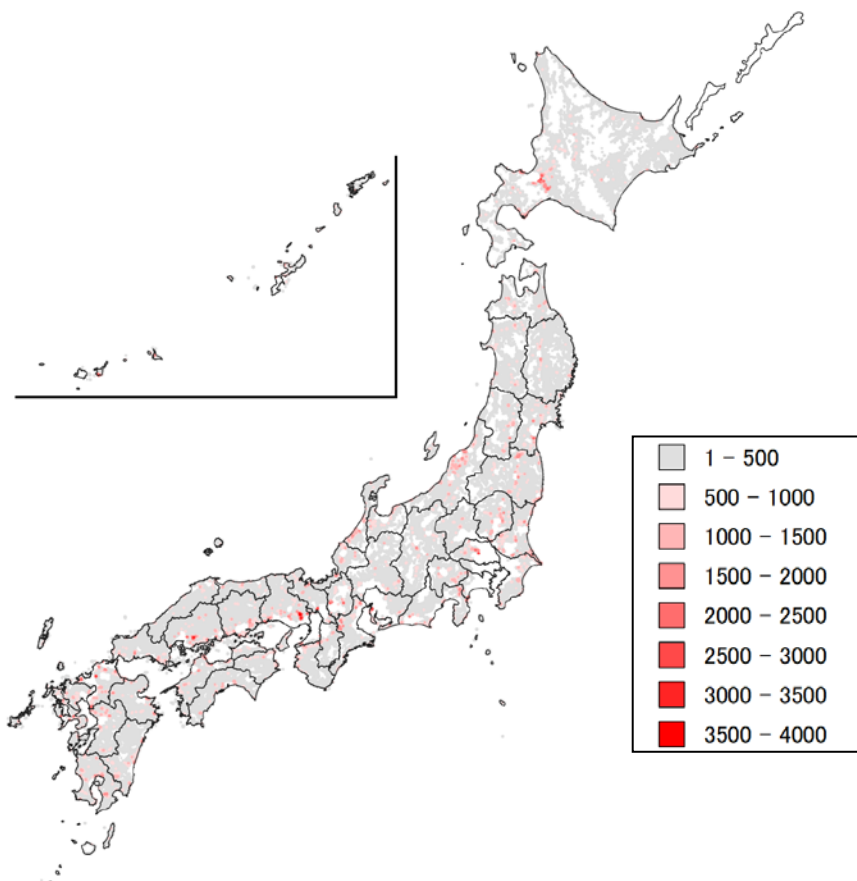


図4. 地上搬送外地域の人口分布 (500mメッシュ単位)



図5. 基地病院から夜間飛行可能なランデブーポイント

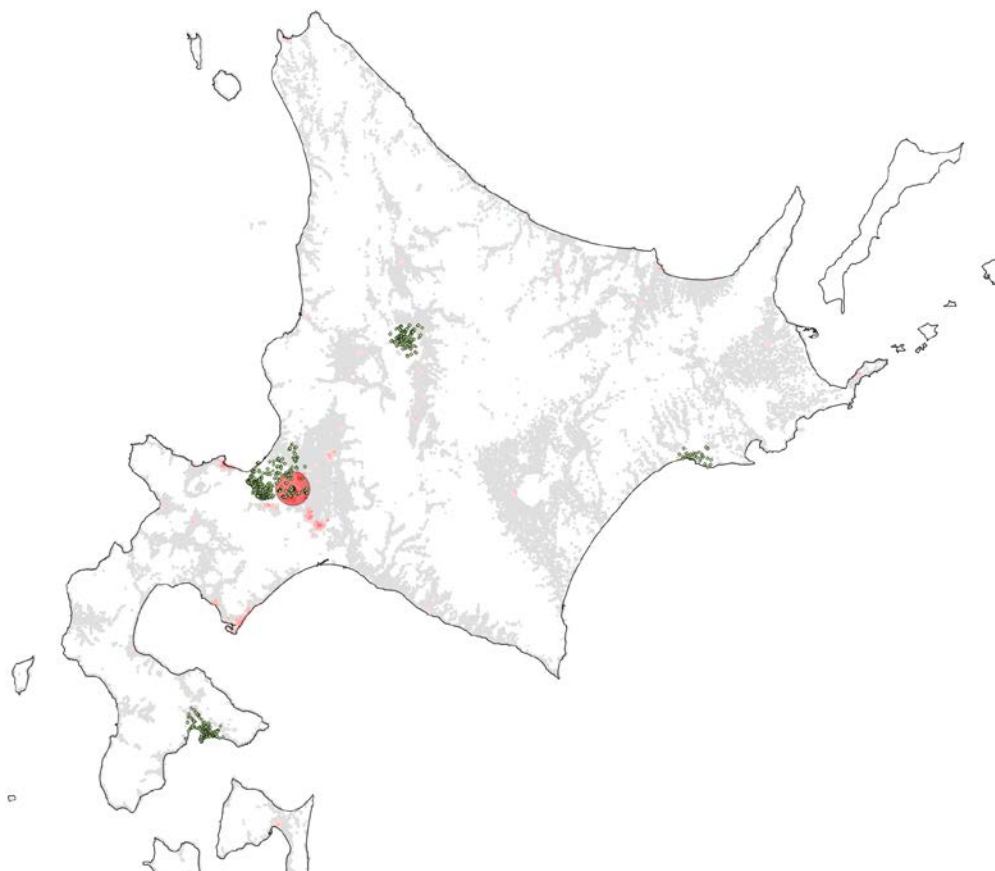


図6. 都道府県別10km圏域人口が最大となるランデブーポイント（北海道）

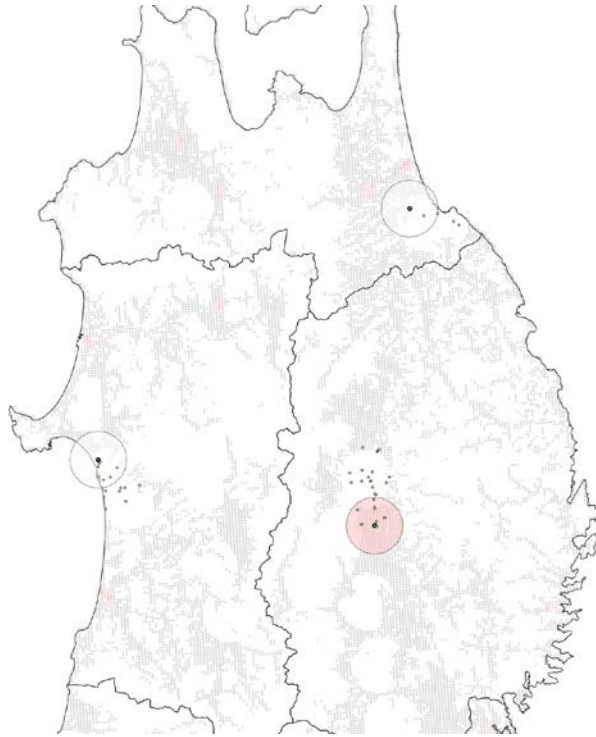


図7. 都道府県別10km圏域人口が最大となるランデブーポイント（北東北）

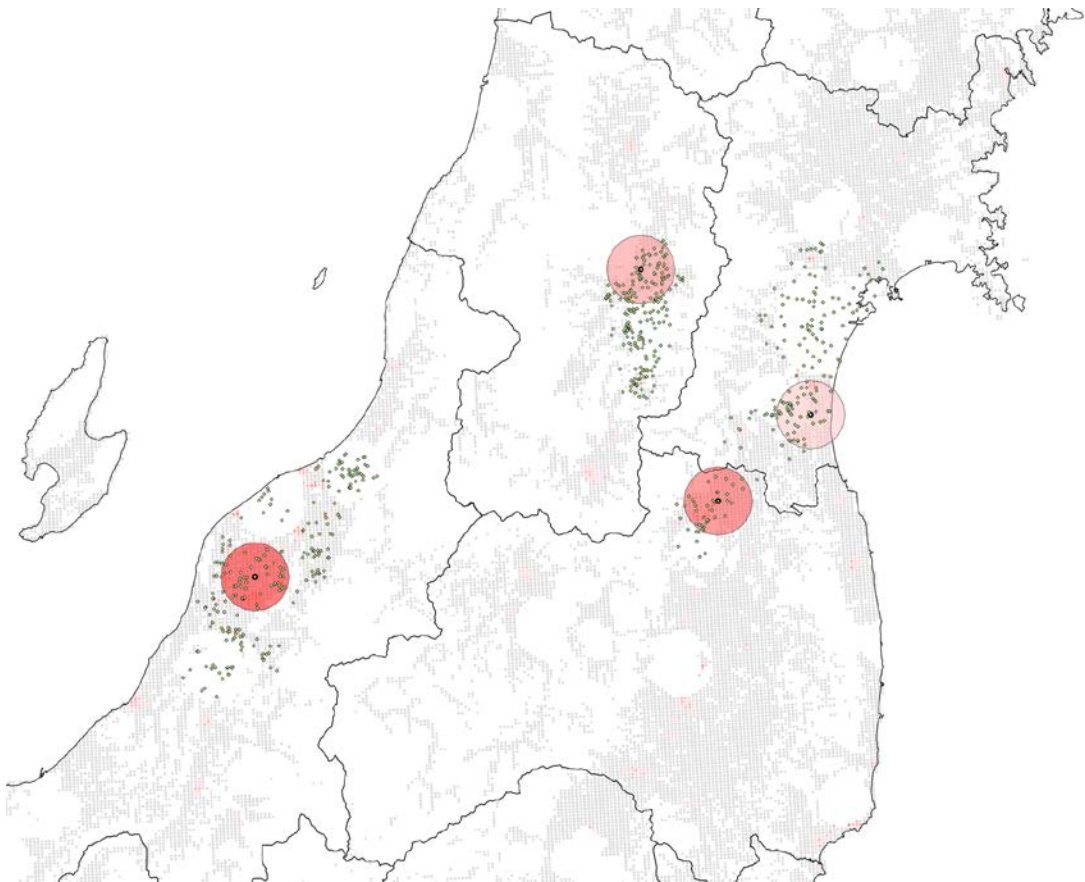


図8. 都道府県別10km圏域人口が最大となるランデブーポイント（南東北）

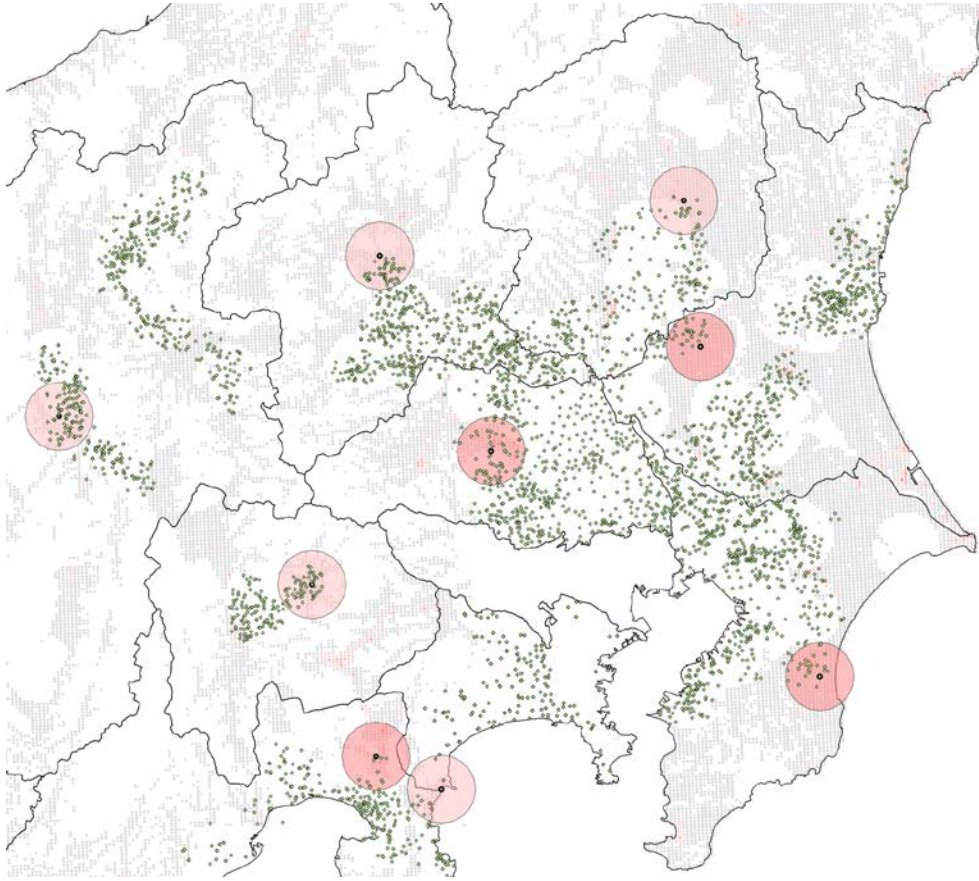


図9. 都道府県別10km圏域人口が最大となるランデブーポイント（関東）

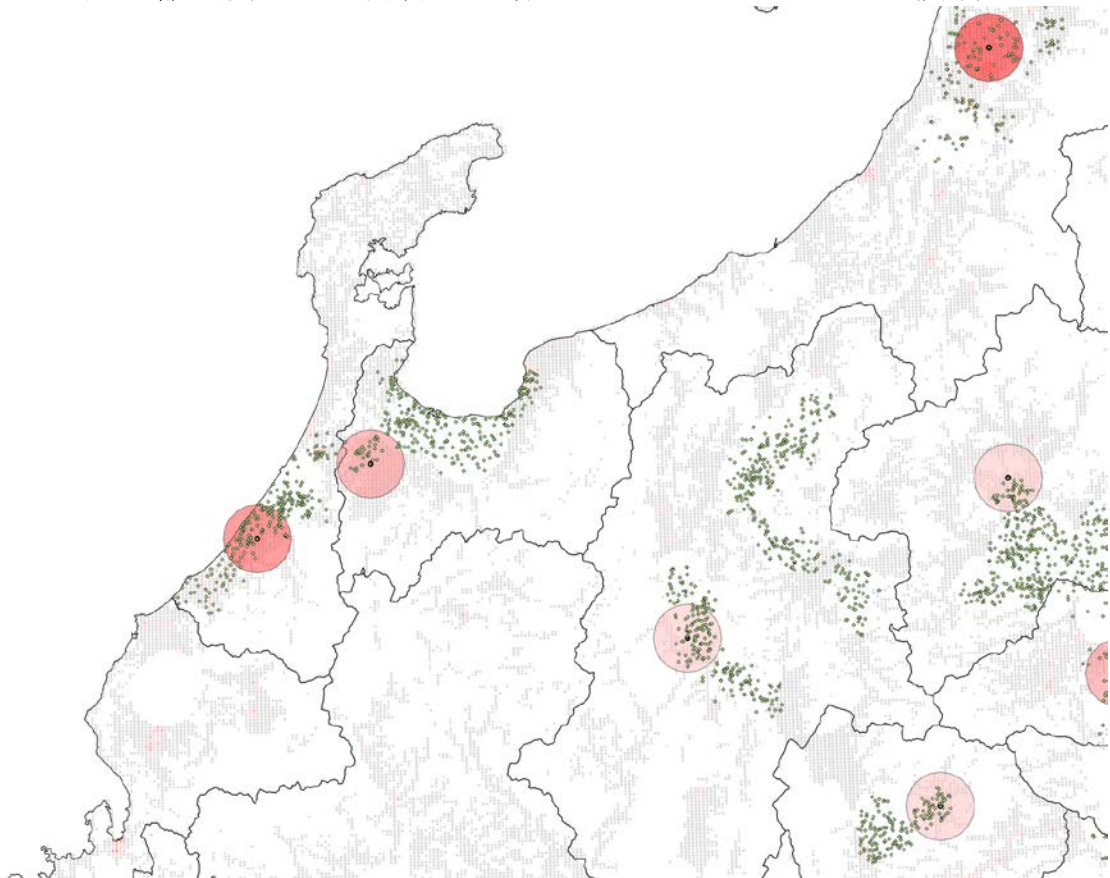


図10. 都道府県別10km圏域人口が最大となるランデブーポイント（北陸）

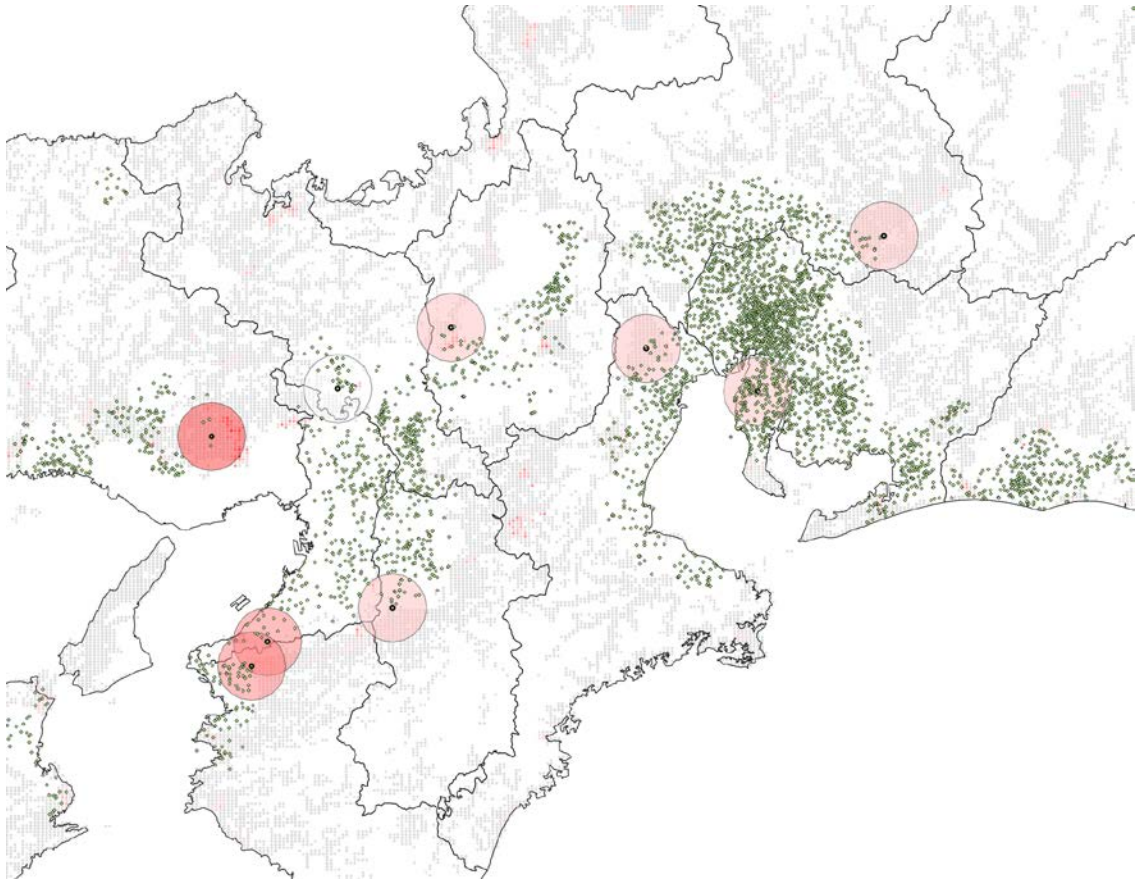


図11. 都道府県別10km圏域人口が最大となるランデブーポイント（中部・関西）

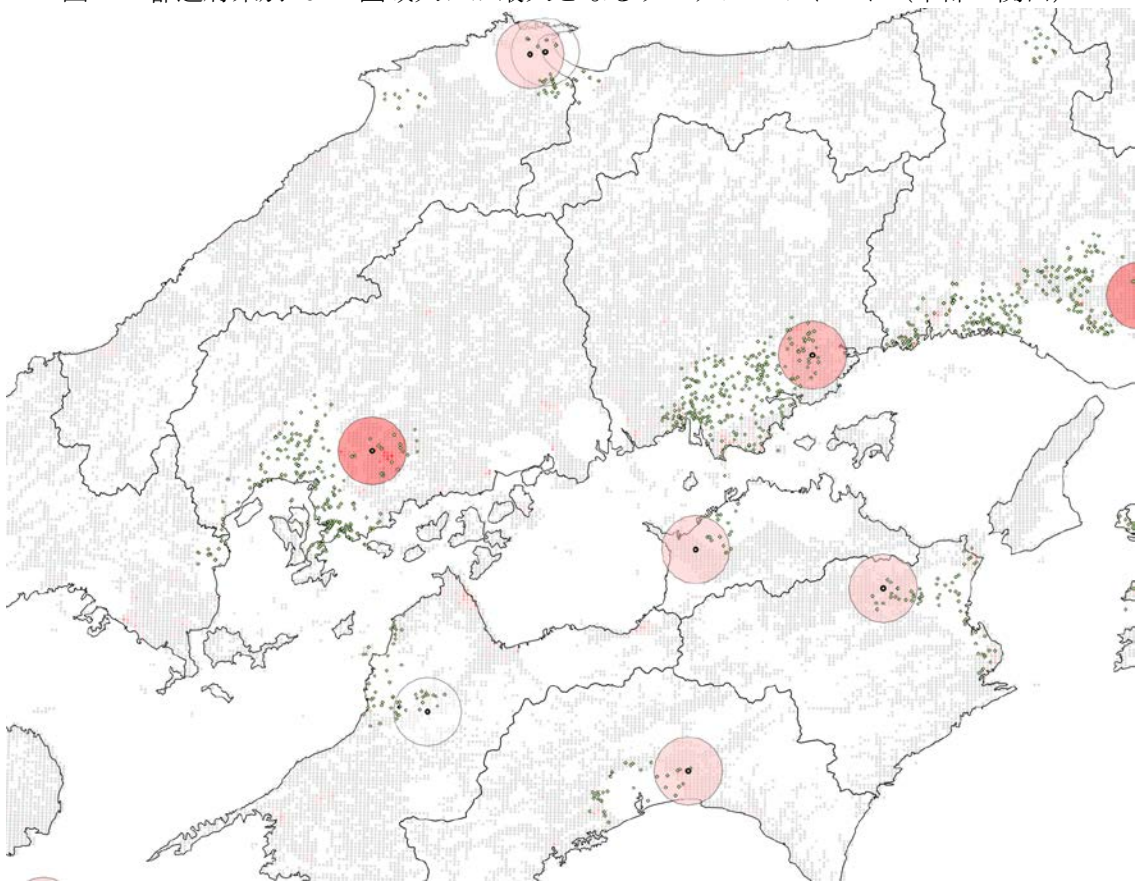


図12. 都道府県別10km圏域人口が最大となるランデブーポイント（中国・四国）

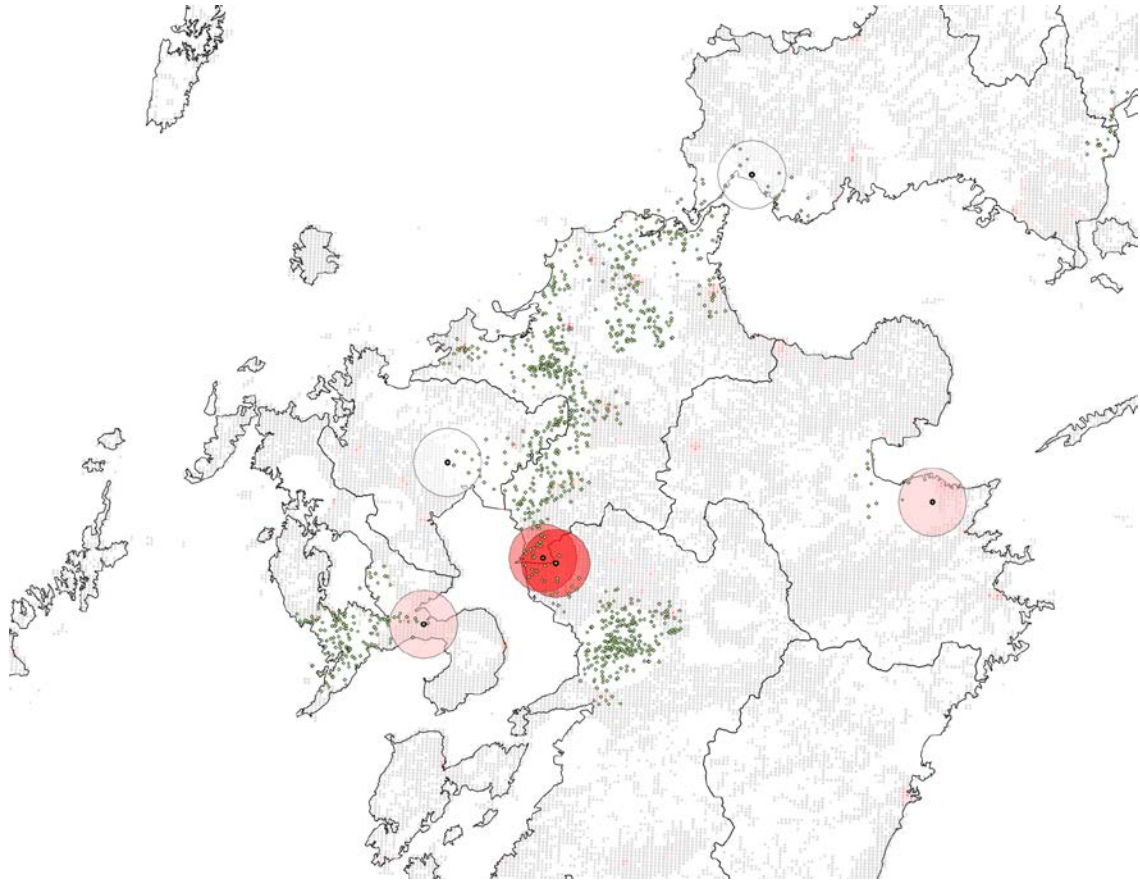


図13. 都道府県別10km圏域人口が最大となるランデブーポイント（北九州）

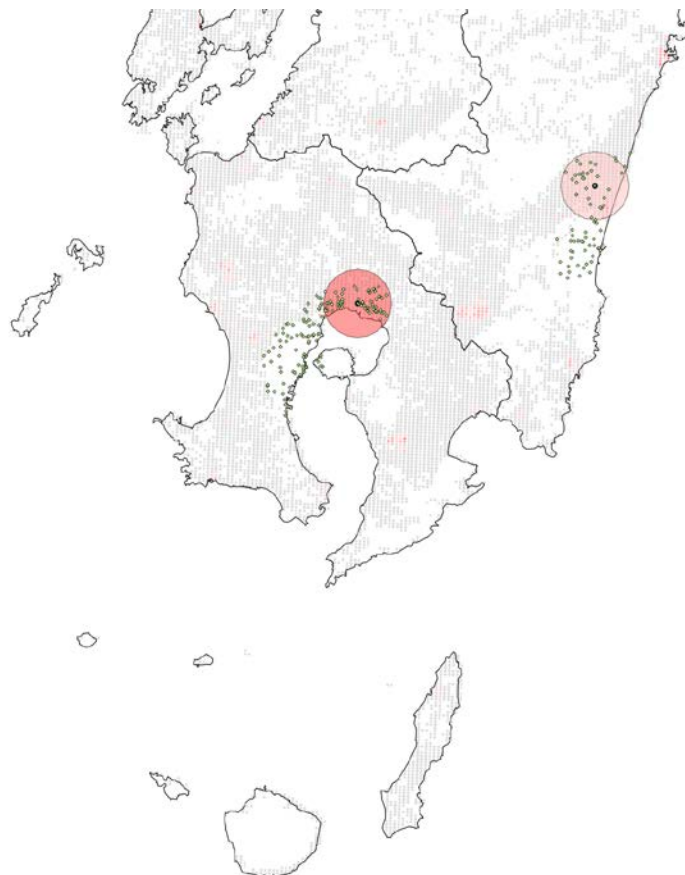


図14. 都道府県別10km圏域人口が最大となるランデブーポイント（南九州）



図15. 都道府県別10km圏域人口が最大となるランデブーポイント（沖縄）

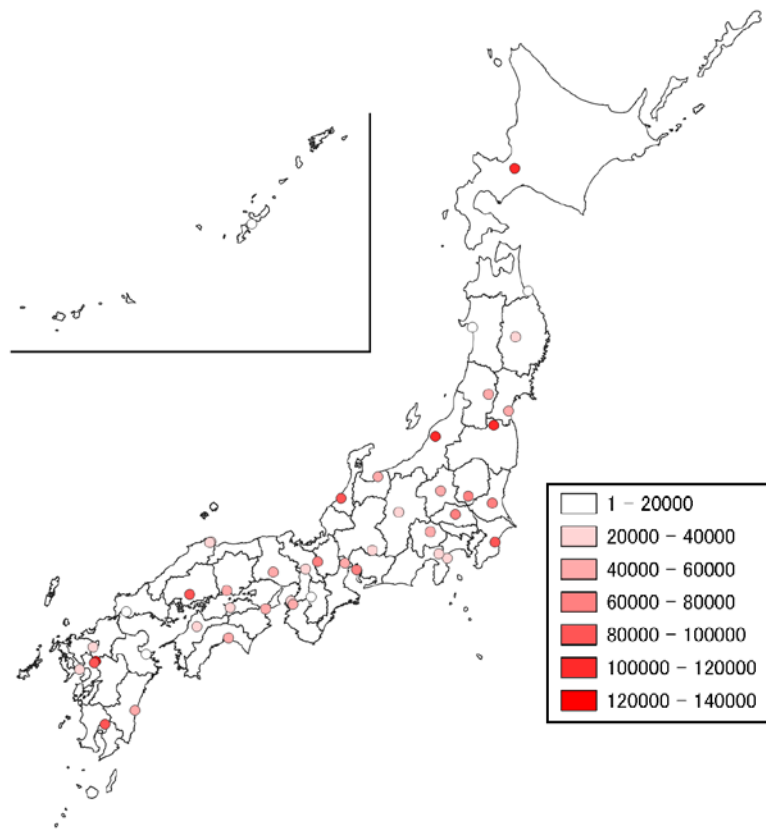


図16. 都道府県別5km圏域人口が最大となるランデブーポイントとその圏域人口

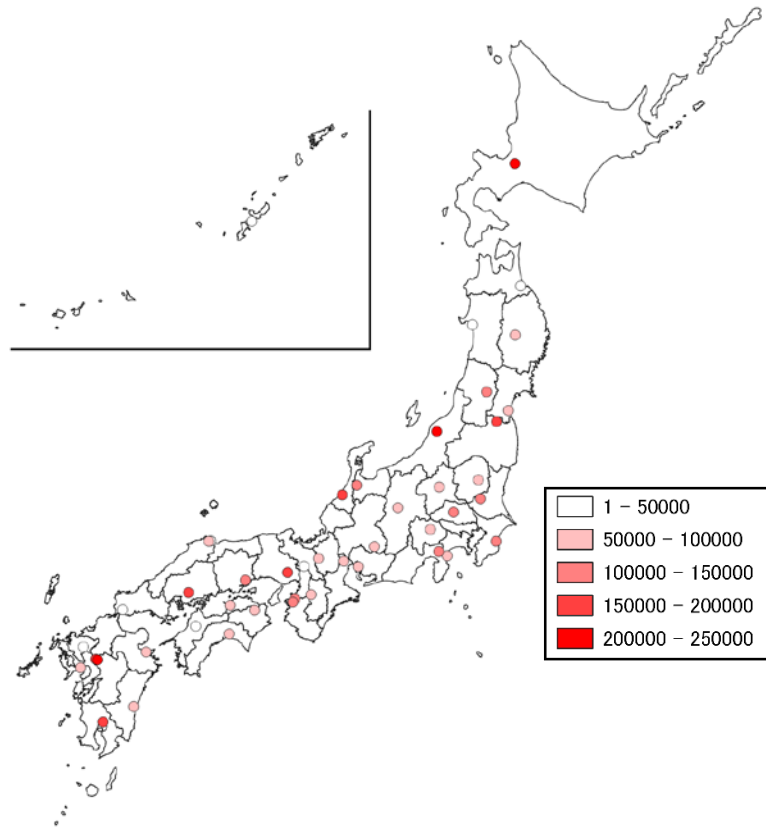


図17. 都道府県別10km圏域人口が最大となるランデブーポイントとその圏域人口

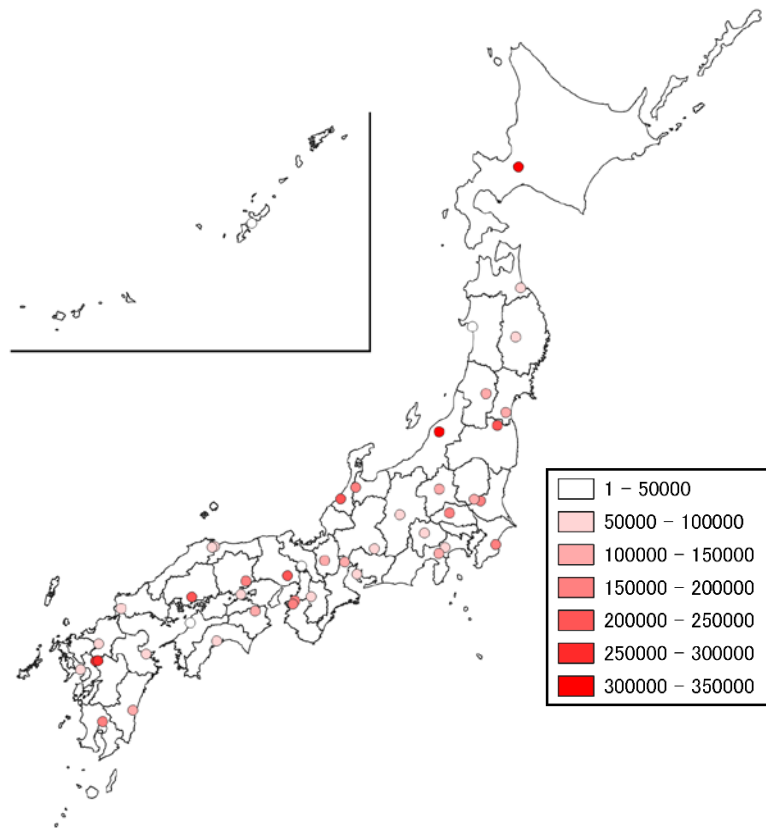


図18. 都道府県別15km圏域人口が最大となるランデブーポイントとその圏域人口

表2. ランデブーポイントの圏域人口の最大値

	5km	10km	15km		5km	10km	15km
1 北海道	127.6	221.2	340.2	25 滋賀県	68.0	83.1	111.9
2 青森県	3.1	31.9	78.0	26 京都府	23.2	34.4	51.2
3 岩手県	43.3	65.1	82.1	27 大阪府	27.9	115.0	166.6
4 宮城県	60.6	99.5	143.2	28 兵庫県	53.6	195.4	247.6
5 秋田県	4.5	22.7	43.9	29 奈良県	8.4	54.8	106.2
6 山形県	63.4	119.3	147.7	30 和歌山県	53.3	134.9	169.7
7 福島県	116.9	194.9	224.6	31 鳥取県	39.0	51.2	68.9
8 茨城県	69.1	144.6	206.6	32 島根県	32.1	54.6	68.6
9 栃木県	65.7	88.7	159.6	33 岡山県	63.9	142.4	188.5
10 群馬県	48.6	69.2	128.2	34 広島県	102.4	170.9	236.4
11 埼玉県	66.9	111.9	179.3	35 山口県	18.1	38.9	69.9
12 千葉県	88.2	142.5	189.8	36 徳島県	53.0	81.7	117.4
13 東京都	-	-	-	37 香川県	32.1	59.1	86.7
14 神奈川県	40.1	63.5	77.2	38 愛媛県	28.3	36.6	53.0
15 新潟県	110.9	228.4	360.9	39 高知県	45.5	64.0	74.4
16 富山県	63.5	110.1	178.9	40 福岡県	132.4	207.7	294.0
17 石川県	99.6	188.5	253.8	41 佐賀県	22.5	46.2	92.8
18 福井県	-	-	-	42 長崎県	40.0	71.6	104.6
19 山梨県	55.9	66.6	93.1	43 熊本県	93.6	239.0	313.1
20 長野県	39.7	59.0	78.6	44 大分県	10.7	65.7	101.2
21 岐阜県	42.9	64.7	106.4	45 宮崎県	46.4	104.6	143.0
22 静岡県	38.7	111.6	140.8	46 鹿児島県	101.6	167.6	207.8
23 愛知県	66.8	74.7	102.2	47 沖縄県	14.6	23.2	29.1
24 三重県	57.8	108.9	125.9				

D. 考察

2019年度に救急自動車により搬送された約524万6千件の搬送事例（東京消防庁を除外）のうち、25,348例が夜間早朝にドクターヘリによる搬送に適格であると推計された（図1）。

2020年国勢調査の500mメッシュに対して地上搬送外地域の人口を推計した結果、23,278千人であることが明らかになった（図4）。夜間早朝のDH適格事例数をもとに、人口千人あたりの夜間早朝DH適格事例を算出すると1.09件/千人であった。

人口集中地区をベースにDH基地病院から夜間飛行可能な領域を求め（図5）、その領域内に含まれているランデブーポイントを夜間早朝の離着陸に対応させる候補地点として、都道府県別に圏域人口が最大となるランデブーポイントを求めた（図6から図18）。その結果、圏域を5kmとすると最大で年間に132件の搬送となることが推定された。一方で、都道府県別にみたときに最小となった青森県では年間3件程度の搬送に止まることから、都道府県単位で夜間の離着陸可能なランデブーポイントを整備するのではなく、全国を俯瞰して整備するランデブーポイントを決めることが重要であることが示唆される。圏域を10km、15kmと拡大するにつれて、推定された搬送件数は増加するが（表2）、直線距離で判別しており、精緻な数値を算出するには道路網を利用して搬送距離を算出する必要がある。一方で、利用した救急搬送人員データには詳細

な出勤地点や現場などの位置情報が含まれていないため、推定結果を定量的に評価することは難しい。救急搬送人員データの拡充が望まれる。

E. 結論

消防庁から提供された2019年度の全国の救急搬送人員データを利用して、ドクターヘリの夜間需要を推定するとともに、その空間分布を把握した。

夜間運航の実現には解決しなければならない課題も多いが、本研究では有視界飛行を行うことを想定し、夜間の離着陸に対応させるランデブーポイントの候補を列挙した。

今後、地上搬送における移動ルートを道路ネットワークに沿ったものとして精緻化するとともに、JSAS-Rに登録された運航実績を利用して、日中の運航状況との比較を行うことを検討している。

F. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし