全天球画像による東京都全域の緑の立体的把握と評価方法

市橋　新・加藤　顕*・執行宣彦**・田村太壱***・浅見晟吾*
（*千葉大学、**現・東京大学、***現・日本工営株式会社）

要　旨

都全域で緑の多面的な機能を評価するためには、植生調査等の既存データでは、情報量が不十分であり、新たに情報を収集する必要がある。しかし、専門家が現地調査を行う従来の方法ではコスト的に不可能である。そこで、上空から広域に緑を把握する航空写真等と合わせ、森林内部の構造を効率的に捉えられ、かつ誰にでも簡単に扱える全天球カメラを活用して、都全域の緑を立体的に把握する手法の検討を行った。その結果、現地で専門家が行う指標判定の多くが全天球画像でも可能なこと、また、植生図の群落1000ヶ所の調査で都の森林面積の7割を網羅可能であることが分った。これをアルバイト等による撮影と専門家による集中的な画像判定により、100万円程度の費用で実施可能であることも示した。最後に、GISを活用したデータの充実度にあわせた段階的な評価方法を示した。

キーワード：緑評価、生態系評価、全天球画像、みどり率、植生調査

1　はじめに

東京都は2012年5月に「緑施策の新展開」[1]を公表し、現在のみどり率は、航空写真から緑の「量」を平面的に把握する手法であるが、緑の多面的な機能の効果を測るには、高木、中木、低木、地被性の植物等、緑の階層構造に着目した量の把握が重要であるとし、緑の量を立体的に把握する手法について研究するとした。

これを受け、緑の多面的な機能の評価について課題を整理し[2]、東京都現存植生調査（以下、植生調査という）データを活用し、生態系の価値に特化して、「東京都における生態系評価手法に関する検討会」で検討した方法[3]（以下、評価方法案という）を基本に都全域の緑について評価の可能性を検証した。その結果、植生調査の調査項目で、評価方法案に則って概ね評価可能であることが分かったが、都全域で評価するためには、植生調査だけではデータ数が圧倒的に不足することも分かった。[4]

そこで、本研究では、他の既存データで不足する情報を補う可能性を調査、また、新しく情報を効率的に取得する方法として、調査全体の手法の効率化と全天球カメラを活用した緑の把握手法の検討を行い、都全域の緑の評価の可能性を検証した。そして、最後にGISシステムにより都全域の緑の生態系の価値の評価を試みた。

2　調査方法

(1)　植生調査以外の既存データの収集

分野・組織を越えて林業分野や国、都内の市区町村について評価方法案に活用可能な既存の情報をインターネットにより調査した。さらに、インターネットで収集できない情報については直接取り寄せ、情報を評価した。

(2)　緑の立体的調査手法の研究

植生調査の群落を基本に島しょを除く都全域（以下、都全域という）の緑において評価方法案の指標を把握するための調査量を推定した。航空写真等だけでは情報の不足する森林性群落についてアクセス可能性、網羅性等を考慮して調査量を算定、実施可能性を評価した。

また、コストダウンを考慮しボランティアによる全天球カメラの撮影を行い、その画像の活用可能性についても検証した。

(3)　緑の立体的把握手法の研究

1）毎木調査と専門家による画像判定の比較検討

都における代表的な森林群落として、群落別面積が1番大きい「スギ・ヒノキ植林」と2番目の「コナラ・クリ群集」で毎木調査と全天球画像による判定を比較、精度検証を行った。群落ごとに各4箇所の20m×20mの方形調査区を設定し、樹高が1.3m以上の樹木の樹高、胸高直径、樹冠幅を計測した。樹冠幅は幹を中心に東西南

北4方向で計測した。また、トータルステーションで樹木位置図を作成した。全天球画像の撮影にはTHETA S（RICHO社）を使用し、各調査区の中心付近から撮影を行った。

その後、樹冠幅と樹木位置から階層ごとに樹冠投影図を作成し、植被率の調査結果とした。なお、低木層にササ類が混在している場合は、低木層植被率は目視と地上レーザーによる計測結果を併用した。判定は、RICHO社が公開している全天球画像をパソコン上で閲覧できるアプリケーションを使用し、2名の専門家による目視の判定を行った（以下、画像判定という）。

2)専門家による現地判定と画像判定の比較検討

現地における専門家による目視判定（以下、現地判定という）と画像判定の精度の差を検証するために、合計45ヶ所でTHETA Sによる全天球画像の撮影と現地判定を行った。その後、現地判定とは別の専門家による画像判定を行い、結果を比較した。群落の画像判定は、撮影位置の地形情報も判定材料とした。

(4)　緑の立体的評価手法の提案

みどり率に代わる新しい緑の指標について、データの充実度に合わせてGISを活用することで、どのような評価が可能か検討した。はじめに、現在あるデータで可能な評価を検討した。植生調査のポリゴンを活用し東京都全域で緑の連続性を計算し、連続性のポテンシャルを明らかにすることで、緑地の評価を試みた。次に将来必要なデータが集まった時に可能な評価を検討、データが不足する箇所では基準値で代用するなどして、評価方法案に則り評価を試みた。

3　結果と考察

(1)　植生調査以外の既存データの収集

東京都森林事務所「森林GIS」、林野庁「森林生態系多様性基礎調査」、環境省自然環境局「巨樹・巨木林調査」のデータを入手、分析し、後者2件については(4)緑の立体的評価手法の提案で活用した。

島しょを除く都内全市区町村（23区、26市、3町、1村）についてインターネット調査を行い、2007年以降で評価方法案に活用できる可能性のあるデータを所有している11区9市からそのデータを入手した。

入手したデータの項目は、外来種、希少種、森林の階層や植被率、大径木の胸高直径などである。しかし、階層、植被率といったデータは少なく、外来種、希少種の情報がほとんどであり、紙地図上に手書きで位置がプロットされているものや、地区名で記述されているのみなど正確な位置情報が欠如している。また、GIS化された情報はほとんど存在せず、GIS化にも多大な労力が必要であることがわかった。

外来種、希少種については、労力が必要ではあるものの既存情報でかなりの補足できると考えるが、植生情報については、都全域で評価を行うためには新たな情報が必要であり、効率的な調査が不可欠である。

(2)　緑の立体的調査手法の研究

評価方法案は①群落名、②面積、③大径木の存在、④連続性、⑤コアエリアからの距離、⑥絶滅危惧種の存否、⑦階層構造、⑧最高階層の植被率、⑨草本層の種数、⑩低木層、ササ類の植被率、⑪特定外来生物の存否の11指標を必要とし、群落名を除く10指標により群落の質を計算し、あらかじめ決められている群落のランクと面積の積から緑を評価する方法である。

これらの指標を都全域で把握するためには、航空写真、衛星画像等、上空から緑を広域で把握する方法（カテゴリー1の技術）と森林内を全天球カメラ等により把握する方法（カテゴリー2の技術）の併用による調査を提案した（図1）。

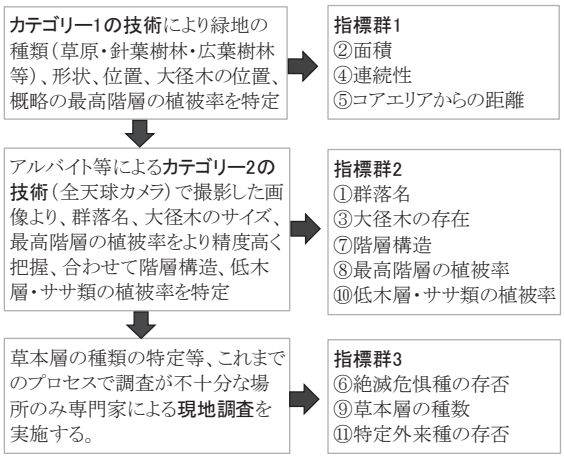

図1　東京都全域での緑の立体的把握の流れ

ここでカテゴリー2の技術による現地調査の効率化が実現性において重要であり、これを検討した。

植生図における都全域の群落の内訳を図2に示す。まず、対象となる森林群落で、登山道、車道等でアクセス可能なポリゴンを把握した。調査が必要な森林群落のうち面積率で90%、ポリゴン数割合で70%がアクセス可

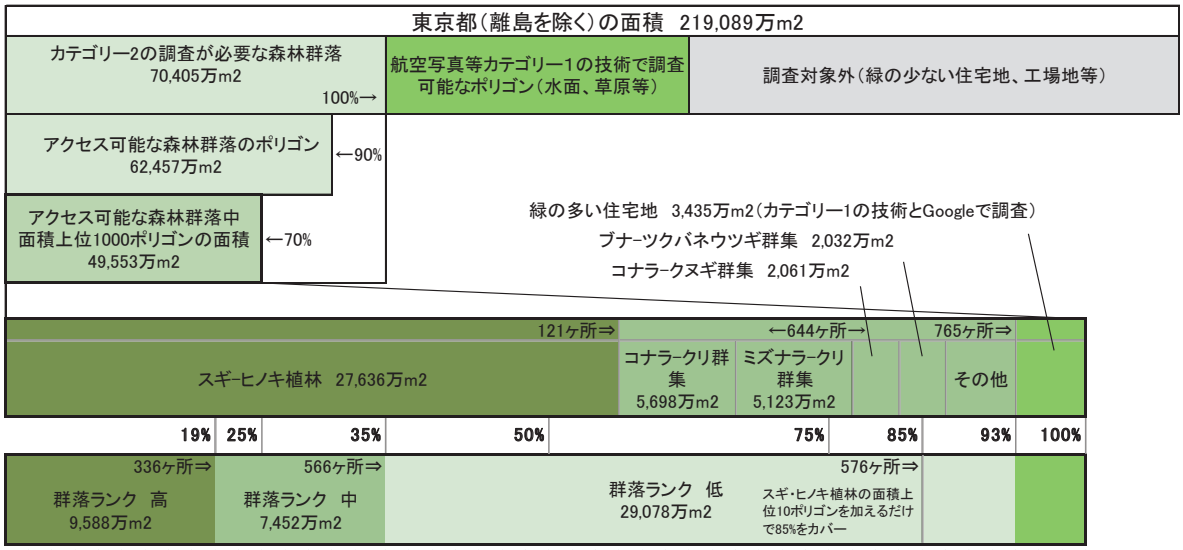

図 2 植生図における群落の内訳

能であった。

次にアクセス可能な森林群落のうち、面積の大きいポリゴン 1,000 ヶ所を取った場合の森林群落全体に対する面積率は 70.4%であった。つまり、1,000 ヶ所の撮影で 7 割の森林群落が把握可能である。1,000 ヶ所のポリゴンの合計面積は 495,531,700 ㎡で、大きいほうから 1,000 番目のポリゴン面積は 58,317 ㎡、約 250m 四方であり、平均すると 495,531 ㎡、約 700m 四方である。

ここで調査作業量を推定する。全天球カメラは数分での撮影でき、移動時間を考えても 1 日 30 ヶ所程度の撮影が可能である。このことは実際の調査でも確認した。少なめに見積もって 1 日 10km 程度歩いて 700m に 1 ヶ所撮影したと考えると 1 人当たり 14 ヶ所の撮影が可能であり、1,000 ヶ所撮影するためには 1000 ヶ所/14 ヶ所で約 72 人・日必要となる。

1000 ヶ所の森林群落を凡例別に分析したところ、235 ヶ所は「緑の多い住宅地」であった。「緑の多い住宅地」は敷地内への立ち入りが難しく、現地に行っても道路上からの撮影となり、同様の全天球画像であるグーグルのストリートビューとカテゴリー 1 の技術による把握が現実的である。従って 765 ヶ所/14 ヶ所で約 55 人・日の調査量となる。実際には、多くのポリゴンが車でアクセス可能であるため、調査効率はさらに上がると考えられる。

さらに画像判定は、実際に専門家に画像判定を依頼した実績から 1 枚 5 分程度で可能であり、1 日の作業時間を 8 時間とすると、8 時間×60 分/5 分＝96 枚、1 日あたり 100 枚弱の判定が可能であり、765 枚/96 枚で 8 人・日必要となる。

以上のことから、仮に全天球画像の撮影をアルバイト等（1 万円／日）で、画像判定を専門家（3 万円／日）で実施したと考えると、100 万円程度で実施できることになる（表 1）。

さらに、植林地は施業の記録から森林の状態を概ね把握できる可能性があり、1,000 ヶ所のうち「スギ・ヒノキ植林」121 ヶ所、「カラマツ植林」29 ヶ所、「ニセアカシア植林」6 ヶ所を省くと「緑の多い住宅地」235 ヶ所と合わせて 391 ヶ所となり、調査ヶ所を 609 ヶ所に絞ることが可能となる。

また、評価上影響の大きいランクの高い群落（高・中）を合わせると 566 ヶ所となり、ランクの高い群落を中心に調査を実施するという考え方もある。

以上のことから、さまざまな考え方があるが、都の森林群落の大部分を 100 万円程度の費用で調査可能であり、十分に実施可能な範囲であると考える。

表 1　STEP2 の実施費用試算

人件費	
画像撮影（アルバイト）	55人・日×1万円＝55万円
画像判定（専門家）	8人・日×3万円＝24万円
交通費	55人・日×5千円＝27.5万円
合計	106.5万円⇒概ね100万円程度

また、専門知識をもたないアルバイト等の撮影による全天球画像の活用の可能性については、実際に複数のボランティアに簡単な説明を実施後、809 枚の全天球画像を撮影してもらった。これらの画像は、全体の約 20%に位置情報の欠落があり、残りの 10%弱がシャッターの誤作動か、試し撮りと考えられる不適当な場所での撮影された画像であった。手ぶれ等の撮影の技術的な問題は 2%とほとんど問題にならないことが分かった。位置情報の欠落は、スマートフォンの位置情報が ON になっていないことを気づかずに撮影したためで、株式会社リコーによると、GPS が ON になってない状態で撮影しようとすると警告が出る様にソフトの修正が可能とのことであった。これにより、全天球カメラを初めて使った人による撮影画像でも十分に活用可能であることが分った。

また残りの 7 割の判定可能な写真から約 50 枚をランダムに取り出し、専門家による画像判定を実施した。その結果、概ね判定可能であるが、尾根上の登山道では、植生の境界に当たる場所が多く、登山道の左右でどちらを判定すべきか迷ったとのコメントもあった。なるべく植生の境界を避けるなどの説明をマニュアルに加えるなどの対応が必要である。

以上のことからマニュアル等の改善は必要であるが、ボランティアやアルバイトにより撮影した画像の活用は十分に可能であると考える。

(3)　緑の立体的把握手法の研究

1) 毎木調査と専門家による画像判定の比較検討

千葉県山武市日向の森（スギ・ヒノキ植林）と都立野山北・六道山公園（コナラ・クリ群集）を調査地として設定し、4 ヶ所づつ、8 ヶ所の毎木調査と全天球画像の撮影を実施した。階層構造、最高階層の植被率、低木層・ササ類の植被率について、結果を比較し、毎木調査結果を正とした場合の平均二乗誤差と評価方法案の基準による正答率で検証した。調査結果は表 2 の通りである。

階層構造では、専門家の A 氏と B 氏の判定精度は大きく変わらないが、評価方法案の基準との関係で正答率に差が付いた。ヒアリングの結果、A 氏はある程度、植物が繁茂していない場合は、階層数にカウントしなかったのに対し、B 氏は一本でも生育していれば、階層数にカウントしたことがわかった。特に草本層、低木層については判定基準がそれぞれの専門家で違い、植被率や生育する樹木の本数等で基準値を設定する必要がある。

また、亜高木層が存在しない山武 3 において、両者が亜高木層をカウントしていることから、画像上では高木層と亜高木層の区別が難しいこともわかった。階層構造は値が 1 違うだけでも評価方法案において、加点対象が変わってくるため、撮影に工夫が必要である。

最高階層の植被率では、A 氏、B 氏共に高い正答率となった。平均二乗誤差をとってみると A 氏の誤差は必ずしも良くないが、基準による判定には大きな影響を及ぼさなかった。

また、A 氏は毎木調査よりも過小評価しているのに対し、B 氏は毎木調査に近い値を出している。B 氏によると、落葉や光の回折を考慮して高木の分布状況や葉が付

表 2　毎木調査と画像判定結果の比較

		基準	毎木調査	画像判定			
				A氏判定	正誤	B氏判定	正誤
階層構造（階層）	野山1	4階層以上	3	3	○	4	×
	野山2		4	4	○	4	○
	野山3		3	3	○	4	×
	野山4		4	4	○	4	○
	山武1	3階層以上	4	3	○	4	○
	山武2		2	2	○	3	×
	山武3		3	4	○	4	○
	山武4		4	4	○	4	○
	正答率				100%		63%
	平均二乗誤差			0.5		0.71	
最高階層の植被率（%）	野山1	40%以上	67.5	65	○	60	○
	野山2		74.9	50	○	70	○
	野山3	45%以上	84	55	○	80	○
	野山4		83.6	55	○	90	○
	山武1	37%以上	81.4	40	○	95	○
	山武2		94.3	50	○	90	○
	山武3		70.1	30	×	70	○
	山武4		85.5	60	○	80	○
	正答率				88%		100%
	平均二乗誤差			32.1		6.8	
低木層・ササ類植被率（%）	野山1	5%以上40%以下	73.2	30	×	90	○
	野山2		17.8	30	○	30	○
	野山3		1.6	0	○	30	×
	野山4		12.9	15	○	70	×
	山武1		8.9	5	○	10	○
	山武2		0	0	○	5	×
	山武3		70	50	○	80	○
	山武4		40	30	○	80	×
	正答率				88%		50%
	平均二乗誤差			17.8		27.9	

いている状態を補完して判定を行ったとのこと。高い場所に存在する枝葉は光が回折して画像には写らないことがあるため、画像をそのまま判読するか、イメージで補完しながら判読するかで、最高階層植被率の判定結果にバラつきが生じる結果となった。今後は、植被率別にサンプル画像を示すことで、判定者の違いによる誤差を小さくすることが可能であると考える。

低木層・ササ類の植被率では、A 氏、B 氏の正答率とも最高階層の植被率よりも低い結果となった。両者の判定結果を比較すると、一部の調査区で毎木調査と判定結果に大きな差が見られた。これは、専門家によって低木層の捉え方が異なるためと考えられ、垂直方向における低木層の範囲を決めておく必要がある。また、画像撮影位置が低木層と同じレベル（高さ 2m 前後）であるため、判読の際に俯瞰することが難しいことも判定結果に影響していると考えられる。今後は、一脚を使って高い位置から撮影するとより、精度が上がる可能性がある。

2）専門家による現地判定と画像判定の比較検討

現地判定と画像判定を群落名以外は評価方法案の基準で判定し、その一致率を比較した。比較結果を表 3 及び表 4 に示す。

群落名の判定結果は、一致率が 68.9％で予想以上に画像からの群落判定が可能なことがわかった。これにカテゴリー1 の技術を組み合わせて判定すればかなりの精度で群落名を判定できると考える。

大径木の有無の判定を行うために、胸高直径を画像から判定した。結果の正答率は97.8％と非常に高かった。しかし、何ヶ所か現地判定結果と大きくかけ離れた結果が出た。現地では、太い木を選ぶことができるが、画像判定の場合、太い木が撮影地点から少し離れると判定が難しくなる。これは、カテゴリー 1 の技術との組み合わせや、現地調査時の工夫で対応できると考える。太い木の存否だけならば、アルバイトでも確認は可能であり必ずしも画像判定の必要はないかもしれない。

階層構造の判定結果は、現地と画像で 2 階層以上差が出た箇所は 1 ヶ所のみであった。それ以外は 1 階層の差であった。一致率は 77.8％であった。1）で述べたとおり、カウントすべき植物量の規定や撮影方法の工夫が必要である。

最高階層の植被率の判定結果では、一致率は約 70％であり、評価方法案では 11 項目の指標によって評価されるため許容できる精度であると考える。

低木層・ササ類植被率の判定結果では、一致率は 75.6％であった。画像と現地で 33％以上差が付いた箇所が 45 ヶ所中 10 ヶ所あった。1）で述べたと同様に低木層の定義や撮影方法の工夫が必要である。

表 3　専門家による現地判定と画像判定の比較 1

		群落名			胸高直径（cm）			
		現地	画像	判定	現地	画像	基準	判定
都立秋川丘陵自然公園	1	3 シラカシ群集　ケヤキ亜群集	3 シラカシ群集	○	50	20	100以上	○
	2	26 スギ･ヒノキ植林	26 スギ･ヒノキ植林	○	30	30		○
	3	26 スギ･ヒノキ植林	26 スギ･ヒノキ植林	○	30	40		○
	4	26 スギ･ヒノキ植林	26 スギ･ヒノキ植林	○	50	30		○
	5	5 シラカシ群集・モミ亜群集	26 スギ･ヒノキ植林	×	30	20		○
	6	21 コナラ-クリ群集	21 コナラ-クリ群集	○	40	40		○
	7	7 モミ-シキミ群集	21 コナラ-クリ群集	×	80	20		○
	8	21 コナラ-クリ群集	21 コナラ-クリ群集	○	30	40		○
	9	21 コナラ-クリ群集	21 コナラ-クリ群集	○	30	30		○
	10	21 コナラ-クリ群集	21 コナラ-クリ群集	○	30	30		○
都立野山北公園	11	19 コナラ-クヌギ群集	19 コナラ-クヌギ群集	○	40	30		○
	12	21 コナラ-クリ群集	21 コナラ-クリ群集	○	50	30		○
	13	21 コナラ-クリ群集	20 コナラ-クヌギ群集	×	40	50		○
	14	22 アカマツ-ヤマツツジ群集	22 アカマツ-ヤマツツジ群集	○	30	40		○
	15	22 アカマツ-ヤマツツジ群集	22 アカマツ-ヤマツツジ群集	○	40	50		○
	16	19 コナラ-クヌギ群集	19 コナラ-クヌギ群集	○	30	30		○
日原林道	17	53 ツガ-ミツバツツジ群集	7 モミ-シキミ群集	×	80	40		○
	18	53 ツガ-ミツバツツジ群集	7 モミ-シキミ群集	×	40	40		○
	19	47 モミ-イヌブナ群集	7 モミ-シキミ群集	△	40	20		○
	20	53 ツガ-ミツバツツジ群集	47 モミ-イヌブナ群集	×	30	20		○
	21	47 モミ-イヌブナ群集	47 モミ-イヌブナ群集	○	30	20		○
	22	48 ブナ-ツクバネウツギ群集	48 ブナ-ツクバネウツギ群集	○	40	30		○
	23	48 ブナ-ツクバネウツギ群集	48 ブナ-ツクバネウツギ群集	○	70	60		○
	24	48 ブナ-ツクバネウツギ群集	48 ブナ-ツクバネウツギ群集	○	30	50		○
	25	47 モミ-イヌブナ群集	47 モミ-イヌブナ群集	○	50	40		○
	26	48 ブナ-ツクバネウツギ群集	48 ブナ-ツクバネウツギ群集	○	50	40		○
	27	47 モミ-イヌブナ群集	47 モミ-イヌブナ群集	○	40	30		○
	28	48 ブナ-ツクバネウツギ群集	48 ブナ-ツクバネウツギ群集	○	40	30		○
	29	48 ブナ-ツクバネウツギ群集	48 ブナ-ツクバネウツギ群集	○	50	40		○
檜原都民の森公園	30	8 ケヤキ-イロハモミジ群集	21コナラ-クリ群集	×	40	30		○
	31	8 ケヤキ-イロハモミジ群集	8ケヤキ-イロハモミジ群集	○	50	30		○
	32	56 フサザクラ-タマアジサイ群集	21コナラ-クリ群集	×	30	20		○
	33	8 ケヤキ-イロハモミジ群集	48ブナ-ツクバネウツギ群集	×	40	30		○
	34	58 カラマツ植林	22アカマツ-ヤマツツジ群集	×	40	20		○
	35	47 モミ-イヌブナ群集	47 モミ-イヌブナ群集	○	60	20		○
	36	55 シオジ-ミヤマクマワラビ群集	55シオジ-ミヤマクマワラビ群集	○	30	30		○
	37	58 カラマツ植林	22アカマツ-ヤマツツジ群集	×	40	30		○
	38	58 カラマツ植林	55シオジ-ミヤマクマワラビ群集	×	160	50		×
	39	58 カラマツ植林	55シオジ-ミヤマクマワラビ群集	×	30	40		○
	40	50 ブナ-ツクバネウツギ群集	21コナラ-クリ群集	×	70	30		○
	41	26 スギ･ヒノキ植林	26スギ･ヒノキ植林	○	25	30		○
	42	58 カラマツ植林	58 カラマツ植林	○	25	20		○
	43	26 スギ･ヒノキ植林	26 スギ･ヒノキ植林	○	25	20		○
	44	58 カラマツ植林	58 カラマツ植林	○	30	20		○
	45	57 ミズナラ-クリ群集	57 ミズナラ-クリ群集	○	40	40		○
判定一致率				68.9%				97.8%

表４　専門家による現地判定と画像判定の比較２

		低木層植被率(%)				最高階層植被率(%)				階層構造(階層)			
		現地	画像	基準	判定	現地	画像	基準	判定	現地	画像	基準	判定
都立秋川丘陵自然公園	1	10	70	5以上40以下	○	50	90	48以上	○	3	4	4以上	×
	2	80	70		○	80	90	37以上	○	3	3	3以上	○
	3	80	20		×	60	90		○	2	3		×
	4	80	20		×	60	95		○	2	3		×
	5	80	70		○	70	95	48以上	○	4	4	4以上	○
	6	70	40		×	70	95	40以上	○	4	4		○
	7	50	30		×	50	80	32～95以内	○	4	4		○
	8	50	70		○	70	80	40以上	○	4	4		○
	9	50	70		○	70	80		○	4	4		○
	10	60	70		○	50	80		○	4	4		○
都立野山北公園	11	5	20		○	60	70	45以上	○	2	4		×
	12	80	20		×	60	70	40以上	○	3	4		×
	13	10	90		×	50	60		○	3	4		×
	14	80	40		×	30	60	36以上	×	4	4		○
	15	60	60		○	70	60		○	4	4		○
	16	90	70		○	80	90	45以上	○	4	4		○
日原林道	17	5	40		○	40	80	39以上	○	3	4	5以上	○
	18	5	30		○	40	70		○	3	3		○
	19	30	20		○	30	60	41以上	×	3	4	4以上	×
	20	5	20		○	40	80	39以上	○	3	3	5以上	○
	21	5	30		○	30	90	41以上	×	2	3	4以上	○
	22	5	10		○	30	90	44以上	×	2	3		○
	23	5	20		○	30	80		×	3	3		○
	24	5	10		○	30	70		×	2	3		○
	25	5	30		○	30	80	41以上	×	2	3		○
	26	5	30		○	20	90	44以上	×	2	3		○
	27	5	40		○	30	90	41以上	×	2	3		○
	28	10	40		○	30	90	44以上	×	2	3		○
	29	10	30		○	30	90		×	2	3		○
檜原都民の森公園	30	20	40		○	40	80	34以上	○	3	3		○
	31	10	30		○	40	60		○	3	4		×
	32	20	30		○	60	60	48以上	○	3	4	3以上	○
	33	30	30		○	70	80	34以上	○	3	3	4以上	○
	34	30	30		○	50	70	38以上	○	3	4	3以上	○
	35	70	40		×	50	30	41以上	○	3	4	4以上	×
	36	40	40		○	30	60	39以上	×	4	4		○
	37	40	30		○	50	40	38以上	○	4	4	3以上	○
	38	30	30		○	30	60		×	4	4		○
	39	50	60		○	30	70		×	4	4		○
	40	10	20		○	50	80	44以上	○	3	3	4以上	○
	41	60	10		×	70	95	37以上	○	3	3	3以上	○
	42	50	40		×	50	80	38以上	○	3	4		○
	43	70	60		○	70	95	37以上	○	3	3		○
	44	70	30		×	60	80	38以上	○	4	4		○
	45	30	20		○	50	80	42以上	○	3	4	4以上	×
判定一致率		75.6%				68.9%				77.8%			

(4)　緑の立体的評価手法の提案

1)既存データで表現可能な緑の評価

緑の連続性の計算を東京都全域で実施し、GIS 上でこれを表現した。植生図のポリゴンをベースに GIS 上で 200m ピッチにポイントを配置し、各ポイントから発生させたバッファー（100m・1km・2km）内の連続性評価対象緑地の面積割合を求め、各ポイントにおける緑の連続性を評価方法案の計算方法に則り以下の様に算出した。

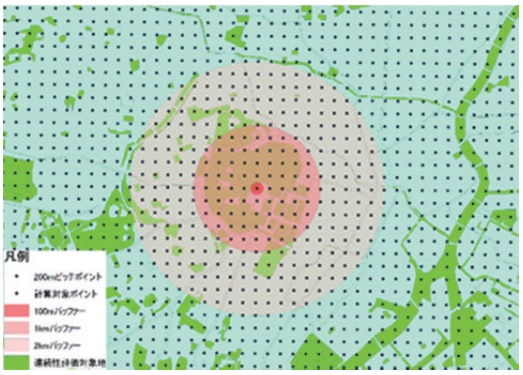

図３　緑の連続性計算のイメージ

緑の連続性評価点

＝ 100m以内の連続性評価対象緑地の割合（%）×0.03

＋1km 以内の連続性評価対象緑地の割合（%）×0.04

＋2km 以内の連続性評価対象緑地の割合（%）×0.03

３種類のバッファーは下記の生物の移動を想定して設定されている。

100m：移動能力の低い昆虫類、両生類、爬虫類

1km：小型哺乳類や小型鳥類

2km：鳥類や移動能力の高い昆虫類

計算結果は表５及び図４に示すとおりである。全体的な傾向として、東京都の西部にいくほど連続性の値が高くなっている。一方で、区部においても皇居や新宿御苑など緑地が存在する場所では、周辺よりも連続性の値が

表５　緑の連続性計算結果

連続性評価点	生態的地域区分(%)					
	奥多摩部	多摩西部	多摩東部	区部西部	区部中央	区部東部
0	0.0	0.8	2.4	45.9	45.4	38.1
1	0.0	5.7	20.0	33.3	23.2	31.2
2	0.0	7.8	28.4	10.8	11.5	13.2
3	0.0	9.4	18.5	6.0	7.7	5.6
4	0.0	8.4	12.2	2.5	5.4	5.8
5	0.0	7.6	9.1	1.0	3.8	5.1
6	0.4	7.7	5.6	0.3	1.4	0.7
7	0.4	8.4	2.0	0.1	1.0	0.3
8	1.2	10.0	1.2	0.0	0.5	0.0
9	75.0	33.2	0.6	0.0	0.1	0.0
10	23.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
合計	100	100	100	100	100	100

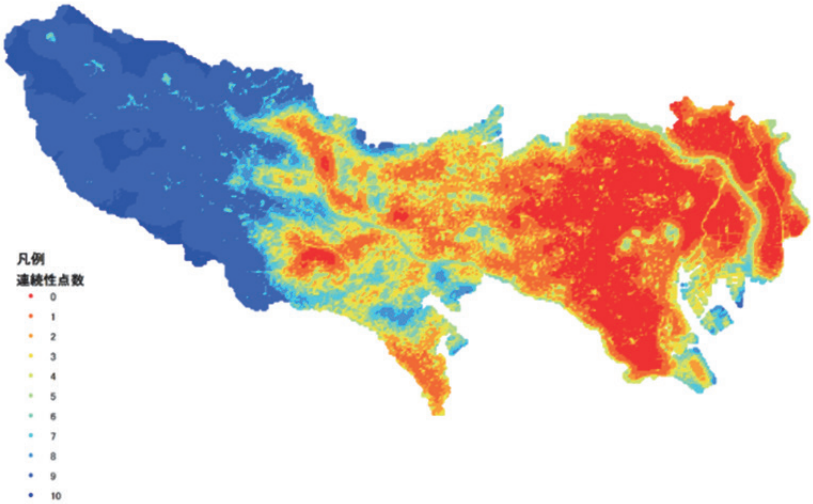

図４　緑の連続性結果図

高くなっている。本研究では、海も開放水域に含めたため、臨海部の連続性の値は比較的高くなっている。

このように連続性については、カテゴリー１の技術から情報を収集可能であり、既存データにより都全域で評価可能である。これは、面積のみの「みどり率」よりも生態系評価の方法としては、１歩進んだものであり、直ぐにでも実施可能なものである。

2)十分なデータが蓄積できた段階で可能な緑の評価

評価方法案による評価を試みた。現時点では十分なデータが存在しないため、正確な評価はできないが、評価イメージを理解するために可能な範囲で既存のデータを活用し、データの無いところは基準値を代用するなど

表６　評価方法案による計算結果

区分	面積（ha）	評価点		
		森林群落	森林群落以外	総計
奥多摩部	33,084	870,473	19,429	889,902
多摩西部	53,891	792,599	199,124	991,723
多摩東部	28,937	114,422	180,319	294,741
区部西部	14,007	31,657	96,880	128,537
区部中央	34,444	62,982	250,018	313,000
区部東部	13,664	11,361	123,768	135,129
全体	178,027	1,883,494	869,538	2,753,032

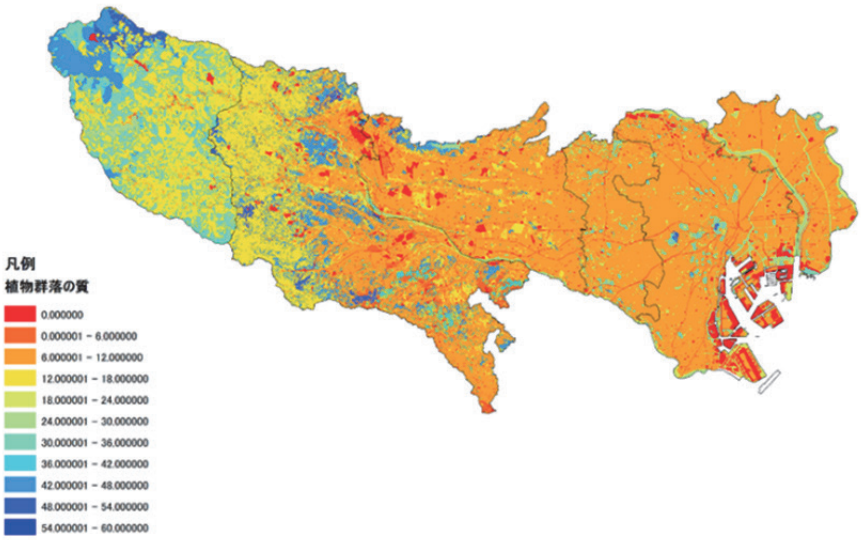

図５　評価方法案による計算結果図イメージ

により、評価を実施した。評価結果は表6および図5に示す通り。図5を見ると、奥多摩のブナ林、丘陵部の雑木林（コナラ・クリ群落など）、都心の明治神宮の森や皇居などで点数が高く、多摩のスギ・ヒノキ植林では比較的点数が低くなっていることが分る。

4　まとめ

都全域の緑を立体的に評価するためには、面積のみで評価を行っていた現行のみどり率に比較して飛躍的に大きな情報量が必要であり、現状あるデータでは全く足りない事が分かった。現在、比較的詳細に定期調査を行っている植生調査もコスト等の制約を受け、現地調査のデータ量は限定的である。航空写真と専門家の現地調査の組合せで実施されていた植生調査に、全天球カメラを導入することで、調査全体を効率化し今までの予算を大きく超過しない形で都全域の緑が立体的に把握できることを示した。

また、植生調査実施時に全天球画像が撮影され多くの場所の画像が蓄積される様になれば、植生調査の現地調査ヶ所の選定にも活用が可能で、植生調査自体の効率化も図れる。また、現地調査票に比較して飛躍的に大きな情報が蓄積されることになり、将来的に画像解析の技術が進んだときには、現在想定している情報以上の情報が画像から抽出できる様になる可能性もある。

現行のみどり率に代わるいくつかの新しい指標は、具体的に何ができるのかを分りやすく示すとともに、それを可能にするコスト的にも実施可能な調査方法を合わせて提案することで、緑の立体的な評価に対する理解と実現に向けた一助となることを期待した。

全天球画像による判定は、まだ、改善点も多く、精度も低い。今後は、より精度高く判定が可能な全天球画像の撮影方法、判定者によるばらつきを減らすための全天球画像の判定にあたってのマニュアルの整備が必要である。そして将来的には、画像解析技術を活用して一部指標の自動判定を目指したいと考えている。

謝辞

指標の現地判定にあたっては千葉大学園芸学部の小川滋之助教に、画像判定には植物分類技能検定1級の奥宮健太氏に、また、ボランティアによる画像撮影には、東京都環境局多摩環境事務所、高尾サポートレンジャー会、奥多摩サポートレンジャー会の皆様にご協力いただいた。ここに感謝の意を表する。

参考文献

1)　東京都：緑施策の新展開～生物多様性の保全に向けた基本戦略～，pp.23（2012）

2)　市橋新ら：多様な緑の価値を評価する新たな緑指標の研究，東京都環境科学研究所年報，pp.102-103（2014）

3)　東京都環境局：生態系に配慮した緑化評価ツール，http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/nature/green/green_biodiv/biodiv_tool.html

4)　市橋新ら：植生調査データを活用して生態系の価値を評価する新たな緑指標の研究，東京都環境科学研究所年報，pp.88-89（2016）