

## イチョウの黄葉度を利用した都市微気候の可視化

TABUCHI, Hiroshi / OZAWA, Kazuhiro / MIYATAKE, Naoki / 田淵, 洋 / 宮武, 直樹 / 小沢, 和浩

---

(出版者 / Publisher)

法政大学多摩研究報告編集委員会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

Bulletin of Hosei University of Tama / 法政大学多摩研究報告

(巻 / Volume)

20

(開始ページ / Start Page)

81

(終了ページ / End Page)

98

(発行年 / Year)

2005-03-30

# イチョウの黄葉度を利用した都市微気候の可視化

小沢和浩<sup>1)</sup>・田淵 洋<sup>2)</sup>・宮武直樹<sup>3)</sup>

Visualization of a Suburban Area Climate  
using Autumnal Leaves of Ginkgo

Kazuhiro Ozawa, Hiroshi Tabuchi, and Naoki Miyatake

## 1. はじめに

春夏秋冬の気候変化に応じて植物は周期的な成長活動を行う。この植物の変化を指標 (Indicator Organism) として用いるとその周辺の気候環境を知ることができる。植物指標としてよく知られているものに春の訪れを知らせる桜の開花日 (桜前線) がある。一般的に春や夏は花の開花、秋にはかえでやもみじなどの紅葉が気候変化の指標として用いられることが多い。

筆者らは以前に秋の訪れを知らせるイチョウの葉が黄葉してゆく様子に注目し、その変化の様子を調査し、植物指標への利用を試みた<sup>1)</sup>。本論文では、その後の数年に渡る詳細な調査の結果を示し、イチョウの黄葉の進行状況を尺度として、郊外型都市の気温環境についての詳細な分析を試みる。さらに今回の調査では、数メートルの範囲内での微小な地域でもイチョウは気温環境の指標となり、その温度環境を忠実に表現していることがわかった。このようにイチョウが周囲の環境に敏感に反応していることを利用すれば、建物や郊外型の大型店舗などによって人工的に乱された温度環境の可視化が可能となる。

本研究で対象とした調査地域は以前の調査研究と同様に多摩ニュータウンを東西に走る都道 158 号線 (多摩ニュータウン通り) である。

---

1) 法政大学経済学部

2) 法政大学名誉教授

3) 元法政大学工学部専任講師

## 2. イチョウとその生育環境

イチョウ（学名：Ginkgo Biloba イチョウ科イチョウ属）は古生代末に出現し、主として中生代ジュラ紀に世界各地で繁茂した裸子植物で、「生きている化石」として知られている中国原産の落葉高木である<sup>2)</sup>。日本では古くから寺院の境内や学校の校庭などに植樹されているが、大気汚染、日照不足などの悪環境にも強いいため、都会の街路樹としても多く利用されている。亜種が存在しないため黄葉の進行を観察するには適している。また、自生しないため人工的に作られた環境に生育しているのが特徴である。一般的に、社寺の境内や学校の校庭にあるイチョウは実の銀杏が食用のためか雌株が多く見られる傾向にある。それに比べ街路樹としてのイチョウは銀杏の特有のにおいが嫌われているためか雄株が多いようである。（実際に観察を行った地域の街路樹 1,350 本のうち雌株は数本であった。）

植栽されたイチョウを観察するとその地域やその周辺的环境を知ることができる。寺院や学校に植栽されているイチョウはその地域の環境を点として示していることになる。また街路樹として幹線道路などに植栽されたイチョウを観察することはより広範囲な地域の気温環境を二次元的に把握することが可能である。

## 3. 環境指標や気候指標としてのイチョウ

春、桜の花が満開になる頃、この地域のイチョウは黄緑色の新しい葉が出て成長が始まる。その後夏にかけて葉は成長し濃い緑色へと変化してゆく。秋になり気温の低下とともに葉と枝の間に離層ができ、水分や養分を伝える菅が閉ざされ、その結果として葉緑素が破壊され、今まで目立たなかったカロチノイドといわれる黄色の色素が目立つようになる。これがイチョウの黄葉である。さらに気温の低下とともに落葉へといたる。

イチョウを植物指標として利用した例としては、青山ら（2000年）による塩害の分布調査<sup>3)</sup>がある。これは湘南沿岸、東京湾の南東岸、九十九里沿岸で強い南風が吹走した場合に見られる現象で、海水起源の塩分が強い南風に乗りイチョウの葉に付着してイチョウの樹冠の片面が黄葉し、落葉してしまう現象である。この現象を利用して塩害分布の影響を調べよう（可視化しよう）としたものである。

秋から冬への季節の変化を知らせるイチョウの黄葉前線の調査は「北東北ふるさと季節前線」と呼ばれる調査活動によって行われた<sup>4)</sup>。この調査活動は北東北3県（青森、秋田、岩手）の小・中学校の教諭が中心となり、環境情報ネットワーク研究会ふるさと季節前線事務局を組織して、インターネット上のホームページを利用して観察の状況をリアルタイムで提供していた

(観察は2002年に終了した様子)。

#### 4. 多摩ニュータウンの自然環境

多摩ニュータウンは1967年(昭和42年)に東京の郊外にある多摩丘陵に作られた大規模なベッドタウンである。当初の開発は京王線と小田急線が乗り入れる永山駅周辺から多摩センター駅の周辺までであったが、現在では、京王相模原線が延長して開業した京王堀之内駅、南大沢駅、多摩境駅周辺にいたる開発区域約3,000ha、人口は30万以上の巨大な郊外型の都市となっている。多摩ニュータウンの地形図を図1に示す。この地域にある各駅(永山、多摩センター、京王堀之内、南大沢、多摩境)を結ぶ京王相模原線とほぼ平行に都道158号線が東西に走り、この通り沿いに約1,350本のイチョウが街路樹として植栽されている。イチョウ並木の都道158号線は多摩ニュータウンの西端(地図の左側)にある町田街道との交差点(多摩ニュータウン入り口)を起点としている。そこから東に向かって進むと多摩境駅付近で一つの尾根(図1のA)を小山内裏トンネルが貫通している。その後、南大沢駅付近では南側の尾根(図1のB)と北側の尾根(図1のC)に挟まれた谷を走る。さらに東に向かうと、京王堀之内駅と多摩センター駅の間にある松ヶ谷トンネルでまたさらに尾根(図1のD)を貫通し多摩センターの街の中心へと向かってゆく。その後、一定の傾斜で下りながら鎌倉街道と合流し永山駅付近から多摩川の流れる関戸方面へと進む。

図2には図1の地形図上の都道158号線を車で走行しながらGPSで測定した高度を示す。示した高度(m)は往復2回の計測結果の平均を示したものである。計測地点は実際の地図上の位置と対応をとるために、横のスケール(横軸)を図1の地形図と同じ縮尺距離に変換したものである。高度計測の結果も多摩境駅入り口付近と松ヶ谷トンネルの出入り口付近の2箇所の尾根を貫通する部分が周囲に比べ小高くなっていることがわかる。この地域全体の高度は最も高い多摩境駅付近では海拔約200mであり、東端の諏訪下橋交差点付近では約110mでその差は約90mである。

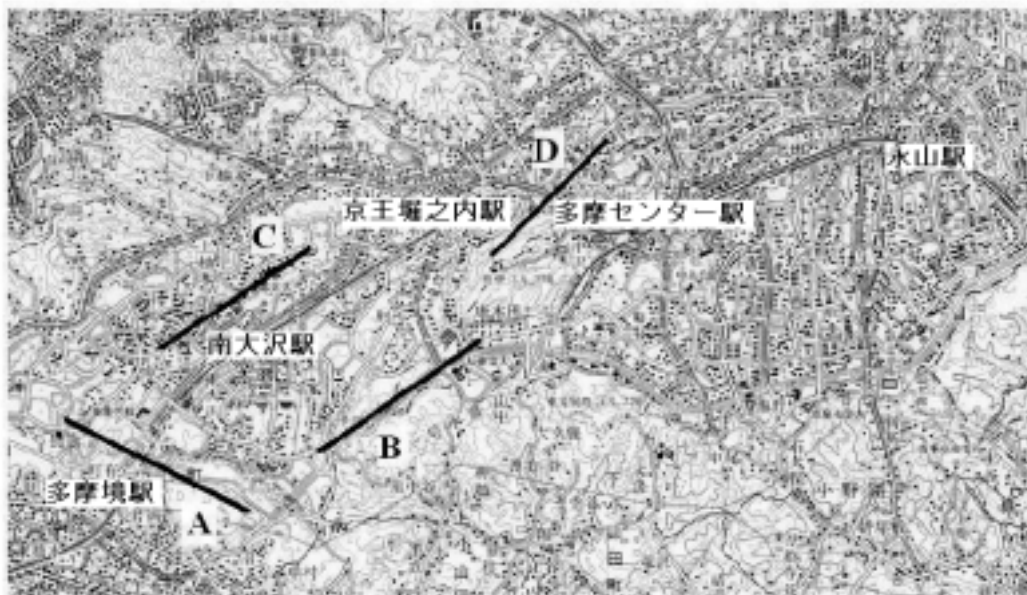


図1. 多摩ニュータウンの地形図（国土地理院，平成12年9月1日発行，八王子1:50,000）

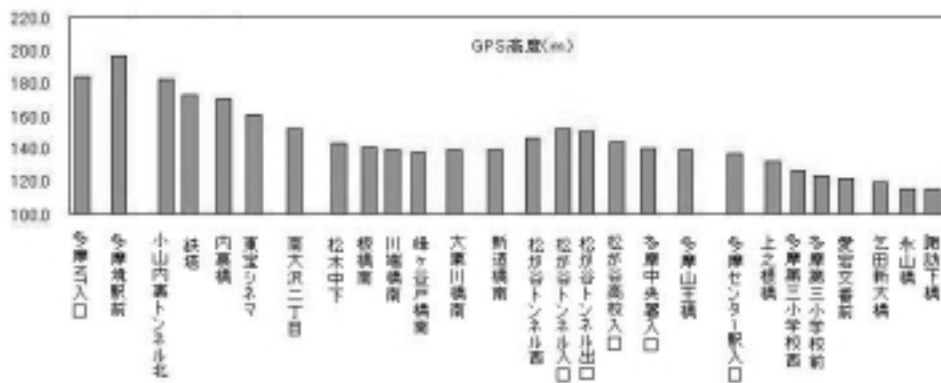


図2. GPS測定による都道158号線の各地点の高度 (m)

## 5. 多摩ニュータウンにおける黄葉の変化の様子

### 5-1. 年による黄葉前線の比較

前節で示した都道158号線の両側の歩道にはイチヨウが約1,350本植栽されている。例年この地域のイチヨウは11月上旬に黄葉が始まり12月上旬から中旬にかけて落葉する。図3に2001, 2002年の秋に観察を行ったイチヨウの黄葉の進行の様子を示す。グラフ縦軸の数値がイ

イチョウの黄葉度を示している。黄葉度の定量化に際しては、街路樹のイチョウをすべてナンバリングし、個体差による誤差や読み取り誤差をなるべく少なくするために5本ごとに黄葉度を表現している。5本のイチョウすべてが黄葉している場合には黄葉度は5、4本が黄葉している場合には黄葉度は4、そして、5本とも黄葉が始まっていない場合を0とした。横軸は1から135まで5本ごとに割り付けられたイチョウのグループ番号である。1が地形図上では多摩ニュータウン入り口の交差点を示し、135は東側の諏訪下橋交差点付近のイチョウを示している。ここではすべて道路の東側にあるイチョウの黄葉度のデータを示したものである。2001年と2002年のイチョウの黄葉の進み具合を比較すると、2001年10月末には南大沢付近ですでに黄葉が始まっているが、2002年の10月末にはどの場所でも黄葉は始まっていない。しかし、11月20日頃の黄葉度を比較すると2002年は観察地域のすべての場所ではほぼ黄葉が進んでいるにもかかわらず、2001年はまだまばらである。これは、2001年は10月には冷え込む日が多くあり、11月には比較的暖かい日が多くあったと推測できる。一方、2002年は10月に暖かい日が多く、11月に入り急に冷え込んだと推測できる。この観測結果はそのときの月間平均気温により裏付けることができる。表1に多摩ニュータウンの近隣地域である八王子と府中の月間平均気温を示す。表1から2001年の秋は10月に平年どおり冷え込み、11月は平年並みであることがわかる。一方、2002年10月は平年よりも暖かいが11月になると平年よりも冷え込んでいる。

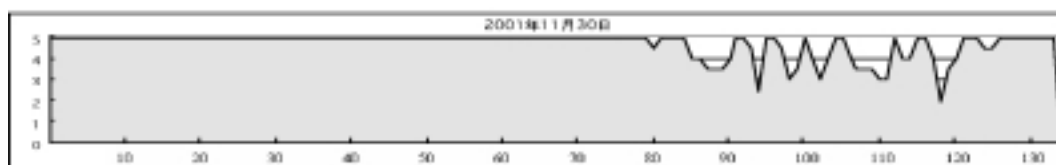
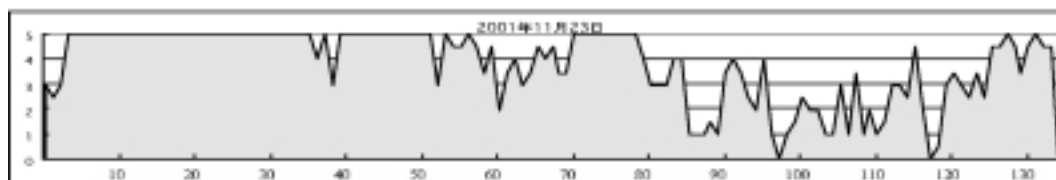
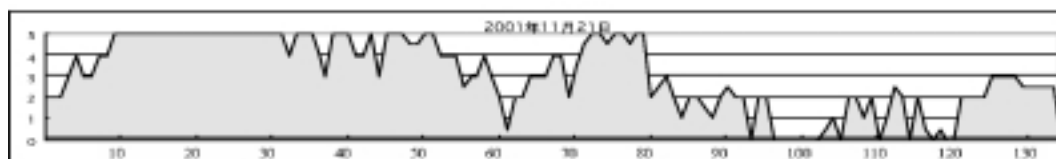
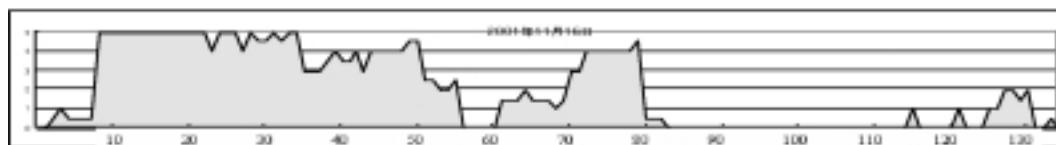
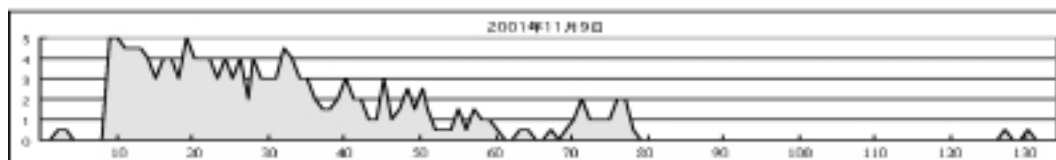
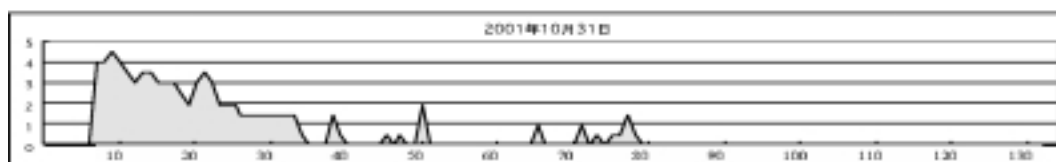
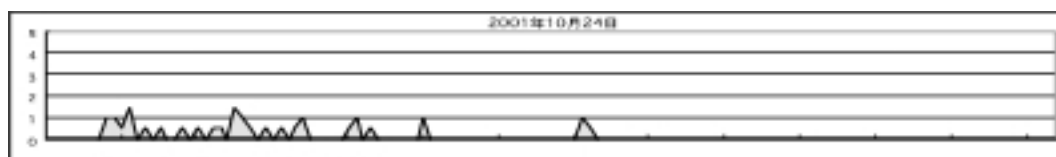
このようにイチョウの黄葉の進行状況を観察し、黄葉度を定量化し比較することによって、特定の地域の温度環境が平年に比べどのようなようであったかを把握することが可能である。

表1 府中および八王子の2001年と2002年の月間平均気温（℃）

（気象庁ホームページ電子閲覧室，<http://www.data.kishou.go.jp/index.htm> より）

八王子	10月	11月
2001年	16.4	10.2
2002年	16.7	8.6
平年値	16.3	10.6

府中	10月	11月
2001年	17.0	10.9
2002年	17.4	9.5
平年値	16.8	11.2



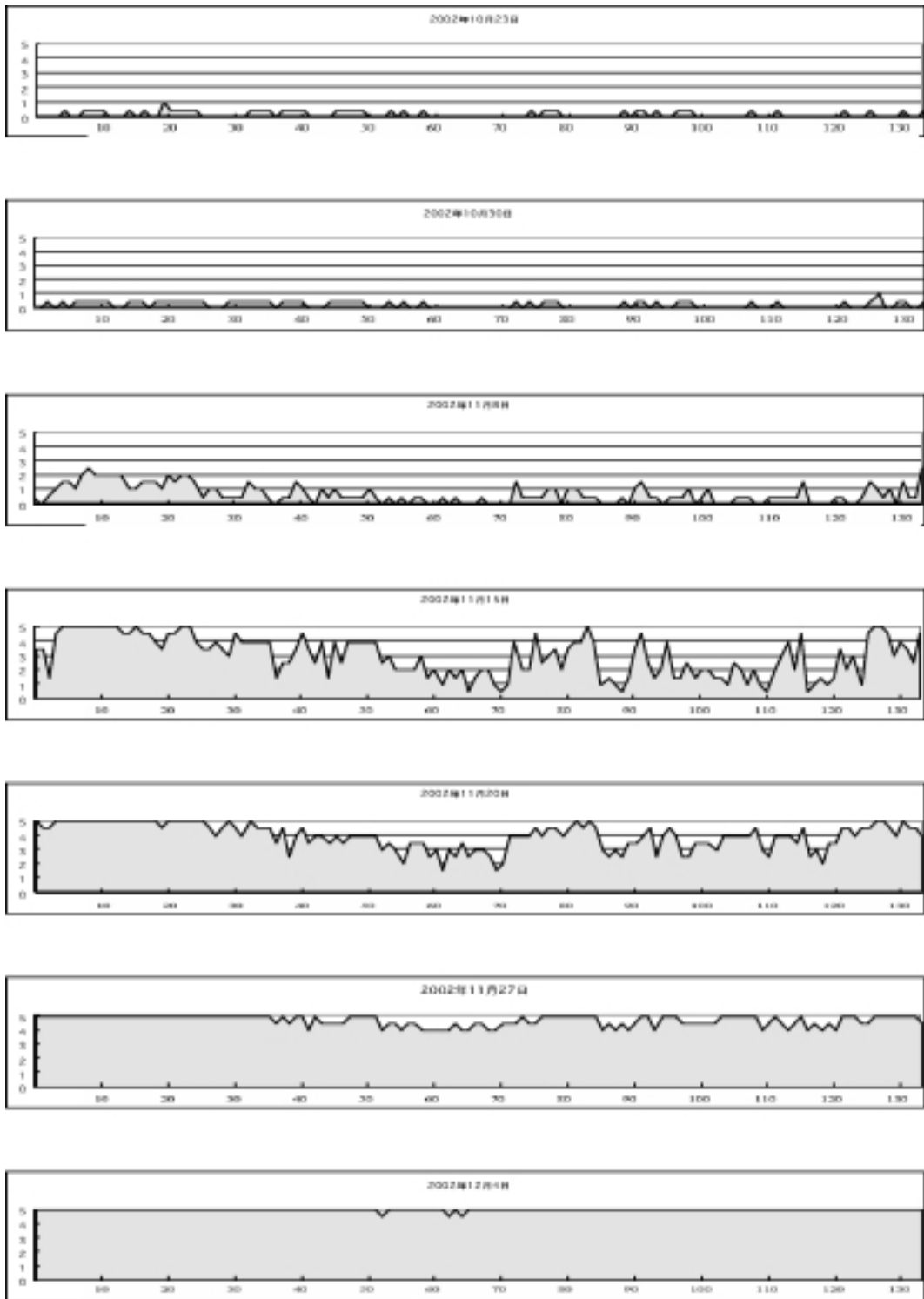


図3 2001年、2002年のイチョウの黄葉の進み具合



## 5-2. イチョウの黄葉前線の時間的空間的な進行の様子

前述のとおり図3のグラフの横軸は実際の地形図に比例した距離をあらわしているものではない。しかし、グラフをよく見ると、多摩ニュータウンの地形および気温環境が大まかに再現されていることがわかる。初めの1から8付近までは図1の地形図中のAの尾根の西側に位置している。イチョウの黄葉の進行状況から、JR橋本駅や相模原駅付近の街の気候が読み取れる。つまり、街の熱によって温暖化した環境のなかでイチョウの黄葉は比較的ゆっくりと進んでいると推測できる。つぎの9付近から35付近までは図1の尾根Aから南大沢駅付近までの部分であり、通りの周囲には熱源となる建物などは隣接していない地域である。全体を通じてこの部分の黄葉が一番早く進行している。36付近から78付近までが道路の両側に熱源となる店舗やマンションが点在している部分である。この部分は、京王堀之内駅を中心とした地域で急激な起伏の変化は少ない。78と79の間には図1の地形図で示したDの尾根（道路は松ヶ谷トンネルを抜ける）があり、ここもその両側で気温環境がさえぎられている場所である。79付近から128付近は多摩ニュータウンの中心地である。多摩センター駅が94付近、永山駅付近が125のあたりとなる。このあたりは多摩センター駅付近からなだらかな下りの傾斜が続いている部分である。

全体的に見て、高度差による気温の変化と、都市化によるヒートアイランド化の様子の両方の環境の混在がイチョウの黄葉により表現されていることがわかる。

## 6. イチョウの黄葉の状況と高度の関係（2004年計測）

図4と図5は図2で示した高度計測地点におけるイチョウの黄葉度を定量化したものである。図4は道路の東側のイチョウを示し、図5は道路の西側のものである。横軸は高度計測のときと同様に図1の地形図のスケールと等しくなるように配置している。定量化に際しては以下の手順に従った。

- 1) 車で移動しながらイチョウ並木の様子を3CCDのビデオカメラで録画
- 2) 録画された画像を見ながらイチョウの木1本ずつの黄葉度を定量化。定量化に際しては以下の数値を黄葉の状態に対応させて記録した。

0	…	未黄葉（緑）
1	…	∴
2	…	中くらい黄葉
3	…	∴
4	…	完全黄葉
5	…	落葉始まり

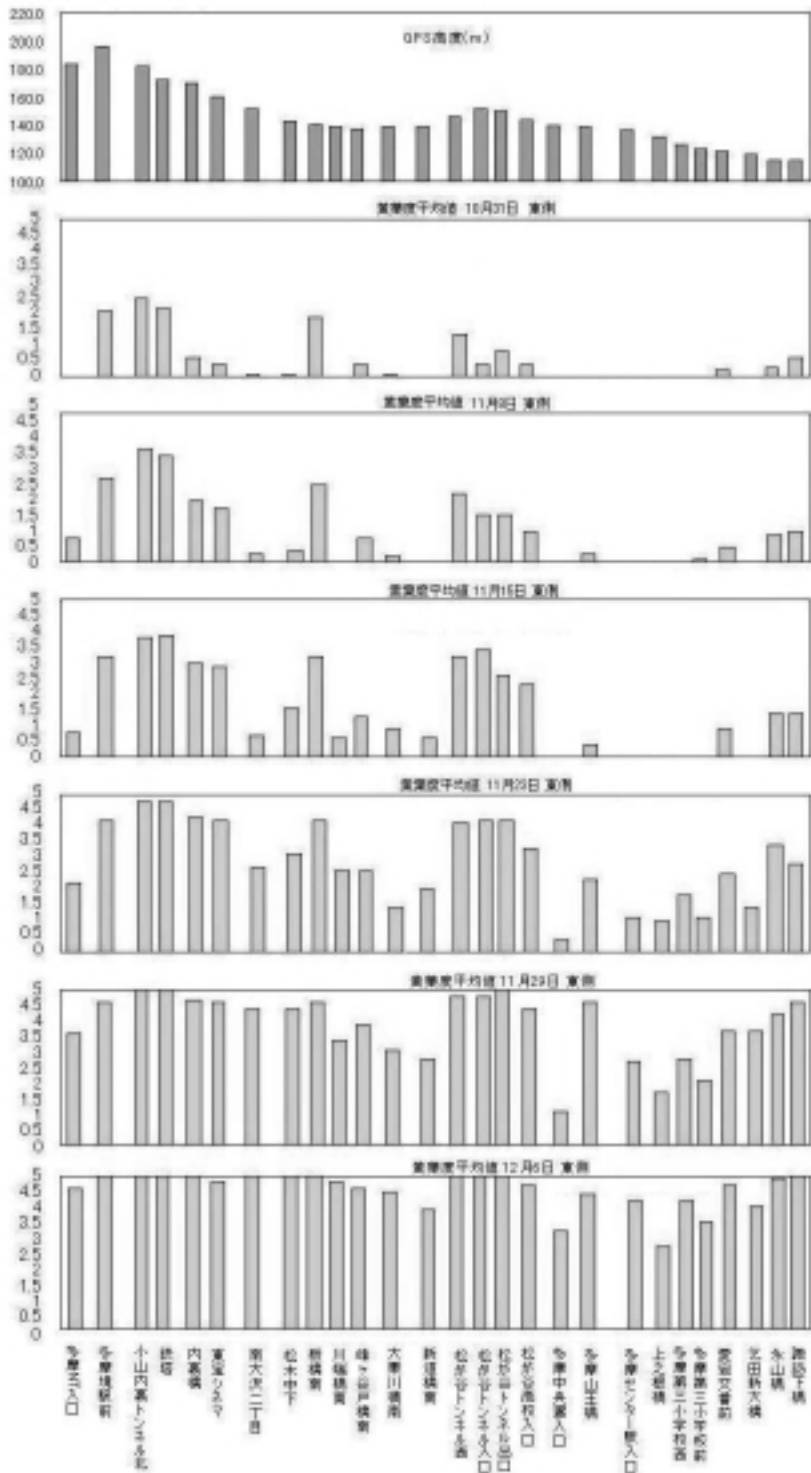


図4. 都道158号線沿いのイチョウの黄葉の進行状況（道路東側，2004年秋）

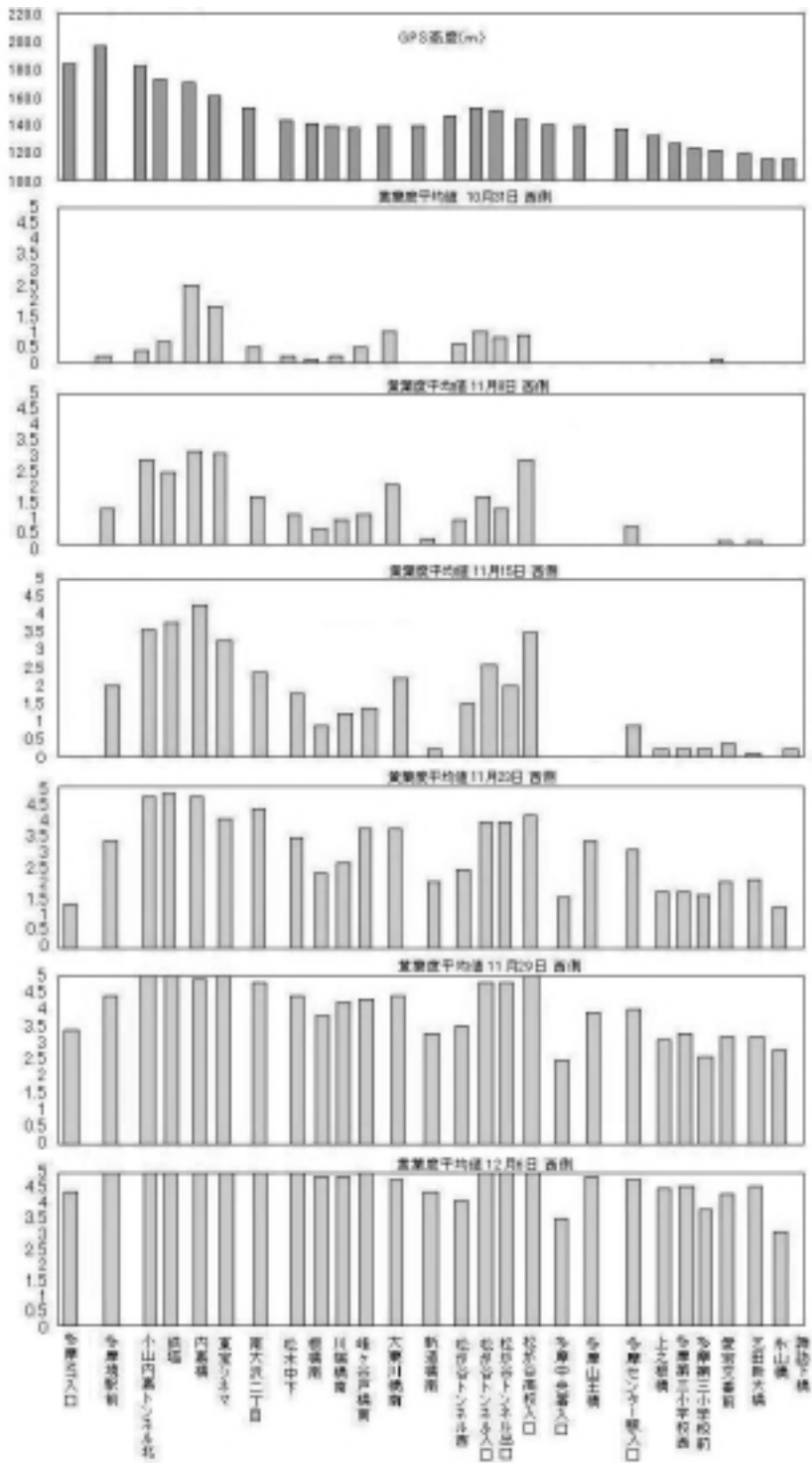


図5. 都道158号線沿いのイチョウの黄葉の進行状況（道路西側，2004年秋）

### 3) 上記で得られた数値の5点移動平均値を算出

これより、多摩ニュータウンの中心から西の地域では高度の差による影響が出ているのに対して、街の中心部（地図上の多摩センター駅の付近）では黄葉が遅れていることがわかる。つまり、ヒートアイランド化による黄葉の遅れが可視化されていることがわかる。

## 7. 微小な地域でのイチョウの黄葉の様子

### 7-1. 熱を発する建物によって黄葉が乱された様子

前章までは街路樹のイチョウを観察することで多摩ニュータウン全体の気温環境の視覚化を試みた。ここでは、イチョウの黄葉を利用して熱を多く発している比較的大型の建物の周辺の気温環境の視覚化を試みる。はじめに、都道158号線の南大沢二丁目交差点付近の様子を示すことにする。この交差点の付近は多摩ニュータウンの中でも最近になって開発された地域である。そのため、都市化への開発が現在進行中の場所でもある。2001年から2003年の秋に毎年定点観察を行った結果を図6～8に示す。いずれの図においてもaは交差点の南側、bは西側の様子である。aに示した南側には大型のパチンコ店があり、観察を始めた2001年にはすでに営業は開始しており、現在でも毎日深夜遅くまで営業している。それに対して、西側には2001年秋には建物は無かったが、2001年の冬からマンションの現地販売所の建設が始まり、2002年秋にはすでに営業が開始されていた。

aの側では毎年同じ熱源からの影響があり、bの側でははじめは熱源となる建物は無かったものの、その後建物からの熱の影響を受けたことになる。図6～8のaの図すべてにおいて、大型のパチンコ店の前のイチョウの黄葉が毎年遅れていることがわかる。この事実から、イチョウがこのような微小な地域（数mの範囲）での温度環境の変化を忠実に感じ取っていることが



a 交差点の東側パチンコ店前

b 交差点の西側

図6 2001年の南大沢二丁目付近のイチョウの黄葉の様子



a 交差点の東側パチンコ店前



b 交差点の西側

図7 2002年の南大沢二丁目付近のイチョウの黄葉の様子



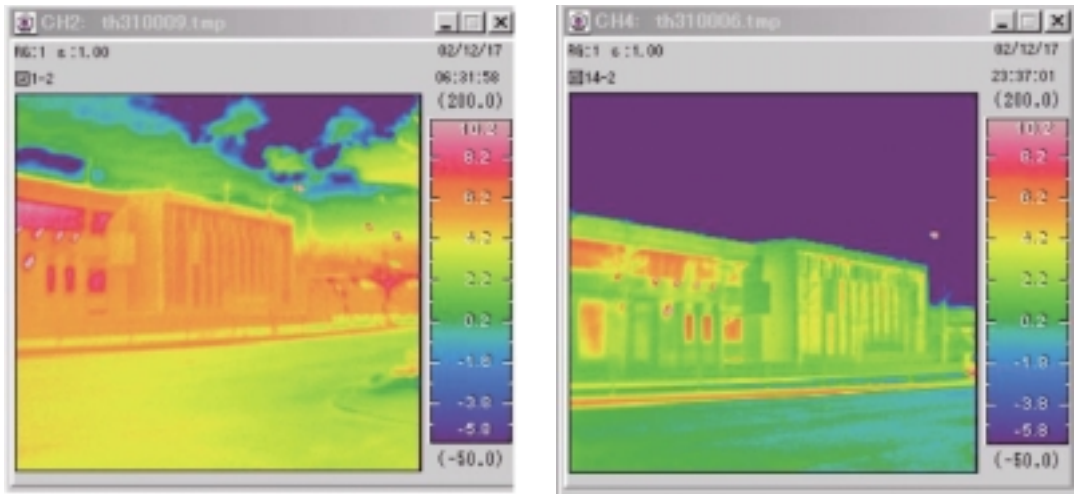
a 交差点の東側パチンコ店前



b 交差点の西側

図8 2003年の南大沢二丁目付近のイチョウの黄葉の様子

わかる。一方、2001年にはすべてのイチョウがほぼ同時に黄葉していたbの場所では、2002年には建物前だけ黄葉が遅れていることがわかる。黄葉が遅れている場所は、建物の出入り口付近である。図9には建物がどれくらいの温度を保っているかをサーモグラフィーによって計測した結果を示す。計測は2002年12月17日に行ったものである。aは夕方の18:30頃で、bは深夜23:40頃のものである。一日のうちで建物に熱が一番多く蓄積される夕方では、その外側の表面温度は高いところで約10℃、低いところで5℃くらいである。一方、販売所の営業が終わって周囲の気温が十分下がった深夜になっても建物はあまり冷えていないことがわかる。深夜にもかかわらずその表面温度は、高いところで約8℃、低いところでも2、3℃を保っていることがわかる。



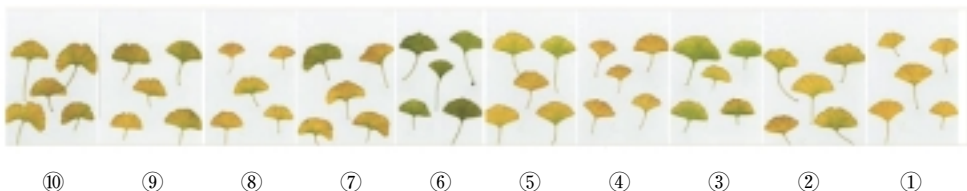
a. 2002年12月17日18:30頃

b. 2002年12月17日23:40頃

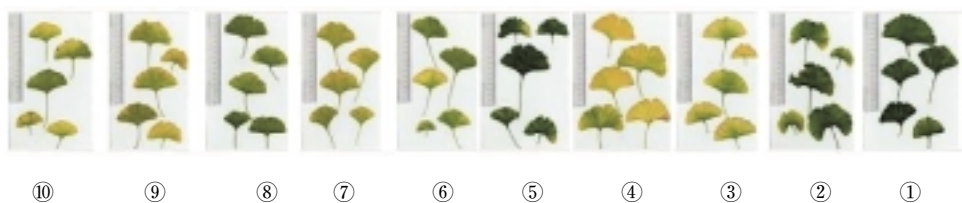
図9 南大沢二丁目交差点西側のマンション現地販売所の温度分布

### 7-2. 建物の熱の影響を受けたイチョウの黄葉度の定量化

ここでは、南大沢二丁目交差点付近のイチョウの黄葉の進行状況を把握するために、実際に葉を採取して色の定量化を試みた。採取を行ったのはまだ北側にはマンションの販売所は建設されていない2001年11月7日である。なるべく、樹の全体の葉の平均的な色を抽出するために、それぞれの樹から5枚の葉を採取した。その結果を図10 a, bに示す。図10のaは南大沢二丁目交差点の北側のイチョウ、bは交差点の南側（パチンコ店側）のイチョウである。図11は図10に示した5枚の葉の平均色を算出し色の再合成を行ったものである。平均色の算出は、5枚の葉のそれぞれの色をRGB成分に分解し、RGBそれぞれの平均値を求め色の再合成を行っている。図の①～⑩の番号は交差点付近のイチョウの位置を示すもので、それぞれの位置は図12に示すとおりである。



a. 南大沢二丁目交差点の北側のイチョウ



b. 南大沢二丁目交差点の南側（パチンコ店側）のイチヨウ  
 図10 南大沢二丁目交差点南側と北側のイチヨウ（2001年11月7日採取）



⑩ ⑨ ⑧ ⑦ ⑥ ⑤ ④ ③ ② ①  
 図11 採取した葉からRGBの平均値を算出し色を再合成したもの  
 上段が交差点の北側，下段が交差点の南側

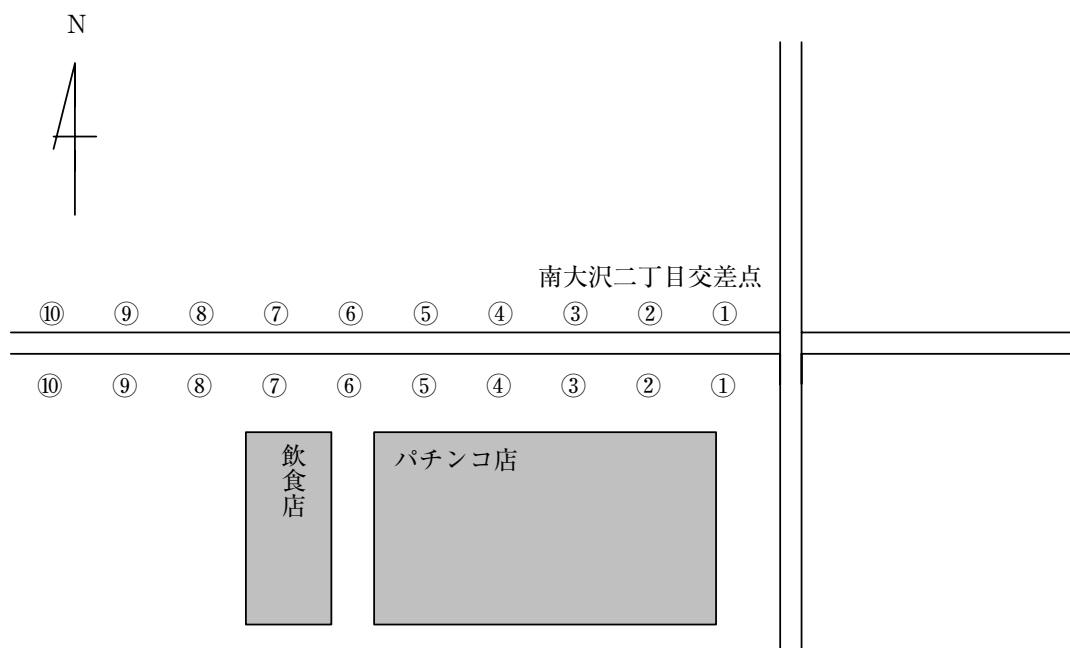


図12 南大沢二丁目交差点付近のイチヨウの樹の配置図



図の色調からも明らかなようにパチンコ店側のイチョウのほうが、建物が何もない側のイチョウより黄葉が遅れていることがわかる。つまり、イチョウの黄葉の様子を観察すると数 $m$ の範囲の気温環境を把握することが可能である。

### 7-3. 中央分離帯と歩道のイチョウの黄葉

都道 158 号線の多摩センター駅付近から永山駅付近の中央分離帯にはイチョウが植栽されている場所がある。この中央分離帯に植えられたイチョウの黄葉の様子をよく観察してみると、道路の両側の歩道に植えられたイチョウに比べ黄葉が早く進んでいることがわかる。図 13 にその様子を示す。中央分離帯のイチョウが黄葉し道路の両側の歩道のイチョウはまだ黄葉していない様子がよくわかる。



図 13 中央分離帯のイチョウと歩道のイチョウの黄葉の様子

周辺の環境をよく見ると、中央分離帯は土の部分が多く露出し、歩道はアスファルトの部分が多いことがわかる。これは、土とアスファルトとの熱容量の違いによって温度差が生じていると推測することができる。この違いを明らかにするために、朝、昼、夜に周辺の温度計測を行った。計測した温度は土とアスファルトの表面に温度計を直接当てて測定したものである。その結果を表 2 に示す。中央分離帯の土の部分は早朝の最低気温が記録される時間帯には  $-2.5^{\circ}\text{C}$  と歩道よりも冷え込んでいることがわかる。朝から昼にかけては土の部分の方が温まりやすい、特に日なたの部分は顕著である。しかし、夜から早朝にかけてはアスファルト部分よりも温度は下がっている。ここでも、土とアスファルトの熱容量の違いに起因する気温変化



や温度環境をイチョウは敏感に感じ取っていることがわかる。

図 14 には気温計測を行った付近のサーモグラフィーの映像を示す。

表 2 中央分離帯と歩道の温度

2001年11月30日 PM0:00

中央分離帯	25.5°C	芝生 (日なた)
	19.0°C	芝生 (日かげ)
歩道	22.8°C	土 (日なた)
	21.9°C	土 (日かげ)
	19.0°C	アスファルト(日なた)
	15.4°C	アスファルト(日かげ)

2001年12月7日 PM10:30頃

中央分離帯	3.6°C
歩道	5.5°C

2001年12月17日 AM5:30頃

中央分離帯	-2.5°C
歩道	-0.5°C

2001年12月20日 PM8:30頃

中央分離帯	0.4°C
歩道	2.9°C

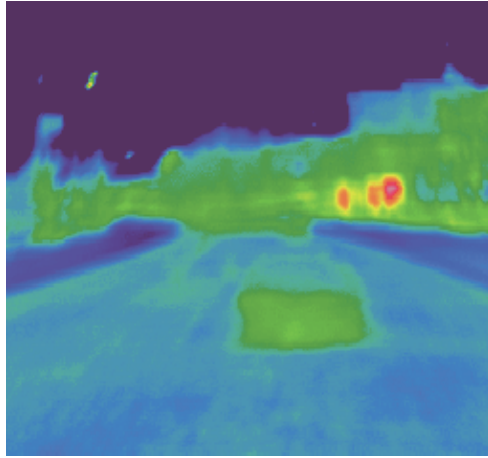


図 14 中央分離帯の温度分布（赤：約 10℃、緑：2～3℃、青：-2～-3℃）

## 8. まとめ

街路樹として植栽されているイチョウの黄葉の様子に注目し、その周辺の気温環境を示した。はじめに、都心のベッドタウンとして現在も開発が継続している多摩ニュータウン全体の気温環境と街路樹として植栽されているイチョウの黄葉の様子を示した。イチョウの黄葉は温度変化に敏感に反応し、黄葉前線の進み具合を時系列的に見るとその年の秋の気温変動が読み取れることがわかる。また、黄葉の様子を毎年継続的に観察すれば年毎の気温変動の比較が可能であることも明らかとなった。次に、高度差や都市化による熱の影響を調査した。その結果、イチョウの黄葉前線は街を横切る尾根や高度差による影響を基本としながらも、街の中心付近ではヒートアイランド化の様子も忠実に表現しているといえる。最後にごく狭い範囲の気温環境について調査を行った。深夜まで営業しているパチンコ店の前や中央分離帯など周辺的环境（熱源に近い場所や周辺の熱容量の違い）に影響され、黄葉の進み具合に影響が生じていることが明らかになった。イチョウの黄葉を観察することによって街全体の気温環境、またそればかりか数  $m$  の範囲内のごく微小な地域の気温環境をも可視化されていることがわかる。

本研究は、1998,1999 年度法政大学研究用機械購入補助、法政大学特別研究助成金、および法政大学地域研究センター研究・教育プロジェクトにより行われたものである。最後に本研究に協力して頂いた法政大学経済学部小沢和浩ゼミナールの学生のみなさん、データ整理に協力頂いた雨宮美帆さんに感謝します。

### 参考文献

- 1) 小沢, 田淵, 小林, 山本, 植物気候指標としてのイチョウの黄葉度, 法政大学多摩研究報告, 第15巻, 2000年3月, pp.1-10
- 2) Microsoft(R) Encarta(R) Reference Library 2003. (C) 1993-2002 Microsoft Corporation.
- 3) 青山, 小川, 岡, 梅本編(2000), 日本の気候景観－風と樹 風と集落－, 古今書院, pp. 126-128
- 4) <http://www.iwate.isp.ntt-east.co.jp/autumn-ityo2002/>、環境情報ネットワーク研究会、ふるさと季節前線事務局、TEL : 019-625-4010、FAX : 019-606-4004, E-mail : kankyo-johnw@web-ihatov.net