

# 公園樹木管理の高度化に関する研究

## Research on the improvement of the urban forest management

環境研究部 緑化生態研究室  
Environment Department  
Landscape and Ecology Division

(研究期間 平成 21～25 年度)  
室長 松江正彦  
Head Masahiko MATSUE  
主任研究官 飯塚康雄  
Senior Researcher Yasuo IIZUKA  
研究員 久保田小百合  
Research Engineer Sayuri KUBOTA

We investigated growth characteristics of some species used for urban planting trees by measuring shape dimensions in different ages of trees. We also tested methods using electromagnetic waves and electric resistance as techniques to predict the growth distribution of root systems without digging. By comparing the predicted results and exposed root systems after digging out, we confirmed the possible applicability of root system prediction within certain range.

### 【研究目的】

公園緑地においては、取り巻く環境の変化や経年変化など様々な要因から、樹木の成長に伴う巨木化や過密化、土壌の貧困化、病虫害による樹木の生育不良等が発生しており、根上りや倒木による障害にまで繋がることも少なくない。今後、安全で安心した公園緑地の利用を促進するためには、樹木の適正確実な維持管理が重要であり、さらに、樹木が巨木化、過密化することに伴って増加していく管理コストについては、明確な管理目標を設定した上での効率的な維持管理を実施することにより低減化を図る必要がある。

### 【研究内容】

平成 21 年度は、都市緑化樹木の一部の樹種において、樹齢の異なる樹木の形状寸法を測定することにより、経年的な成長特性を把握した。また、樹木診断技術の高度化に関して、根系の伸長分布を非掘削で予測できる技術を考案することを目的として、電磁波や電気抵抗による探手法について試行し、その適用可能性を検討した。

### 【研究成果】

#### 1. 都市緑化樹木の成長量調査

##### 1. 1 調査方法

公園や道路等に植栽されている樹木や植木生産圃場で育成している樹木等の中から良好に生育し、かつ樹齢が推定可能な樹木を抽出して、以下の測定を行った。測定データは、過去に収集したデータを含めて樹種別にとりまとめ、樹齢とそれぞれの部位の形状との関係式（データ収集の途中段階であるため、現時点では測定樹齢範囲内の直線回帰式としている）を求めた。

##### ①樹木形状

樹高、胸高幹周（地上 1.2m 高）、根元幹周（地際）、枝張り

##### ②植栽環境

植栽地（公園、圃場等）、植栽間隔、植栽地土壌等

#### 1. 2 調査結果

今回測定したデータと過去に収集したデータは、合計で 133 樹種、総本数 4,786 本となった。この内、1 樹種につき 50 本以上のデータがあるのは 22 樹種である。また、地域別の内訳は表-1 のとおりである。

以下に、都市緑化樹木の主要な樹種について、成長特性を示す。ただし、データは継続して追加測定を行っており、現時点では途中段階である。

##### ①イチヨウ

イチヨウは、公園に多く植栽されるとともに街路樹で最も多く植栽されている樹種で、北海道から九州まで広い範囲で多用されている。

測定した樹齢別本数と地域別内訳本数は、表-2 に示すとおりである。

イチヨウの樹齢と、樹高、胸高幹周、根元幹周、枝張りのそれぞれの関係式を算出した結果は図-1

に示すとおりであり、

決定係数 ( $R^2$ ) は樹高と胸高幹周、根元幹周で 0.7 以上、枝張りでも 0.6 以上となり、ほぼ直線で回帰された。

表-1 地域別の調査本数

地域	樹種数 (種)	本数 (本)
北海道	14	257
東北	16	426
関東	74	1,462
中部	18	491
北陸	9	180
近畿	17	381
中国	14	420
四国	0	0
九州	16	402
沖縄	46	767
合計	133	4,786

表-2 イチヨウの調査本数内訳

樹齢	本数 (本)	地域	本数 (本)
1~9	16	北海道	10
10~19	24	東北	32
20~29	15	関東	75
30~39	35	中部	15
40~49	19	北陸	21
50~59	7	近畿	4
60~69	0	中国	0
70~79	3	四国	0
80~89	26	九州	0
90~99	11	沖縄	0
100~109	1	合計	157
110~	0		
合計	157		

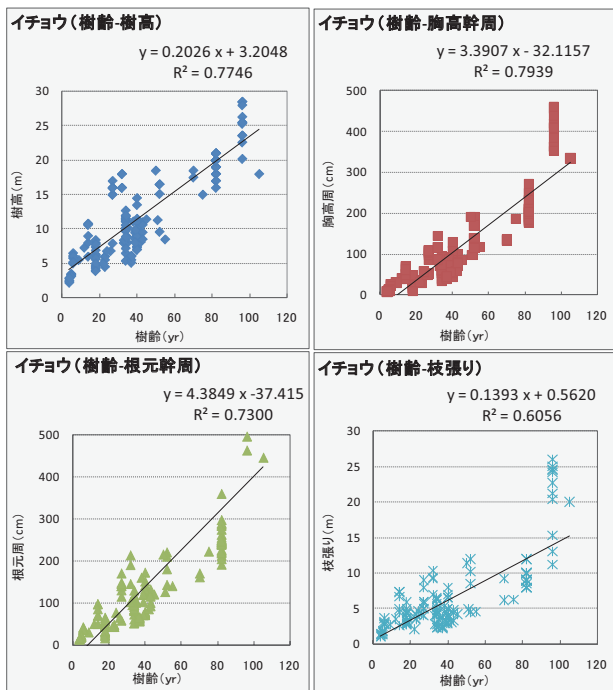


図-1 樹齢と測定部位との直線回帰式 (イチョウ)

②ソメイヨシノ

ソメイヨシノは、サクラ類を代表する品種であり、公園や川堤等に多く植栽されて花見の対象樹種として親しまれている。街路樹でもイチョウに次いで多い。

測定した樹齢別本数と地域別内訳本数は、表-3 に示すとおりである。

表-3 ソメイヨシノの調査

ソメイヨシノの樹齢と、樹高、胸高幹周、根元幹周、枝張りのそれぞれの関係式を算出した結果は図-2 に示すとおりであり、決定係数 ( $R^2$ ) は樹高が 0.2 程度と非常に低く、胸高幹周、根元幹周、枝張りでは 0.4 程度と低かった。ソメイヨシノ

樹 齢	本 数 (本)	地 域	本 数 (本)
1~9	12	北海道	0
10~19	27	東北	0
20~29	93	関東	66
30~39	12	中部	34
40~49	27	北陸	24
50~59	9	近畿	31
60~69	0	中国	0
70~79	2	四国	0
80~89	1	九州	28
90~99	0	沖縄	0
100~109	0		
110~	0		
合 計	183	合 計	183

表-4 ケヤキの調査本数内訳

は植栽地の環境により成長量が大きく変動するという結果となった。

③ケヤキ

ケヤキは、関東を中心として東北から九州の公園や道路で植栽されている。特に街路樹としては、樹冠形状が盃状を形成することにより道

樹 齢	本 数 (本)	地 域	本 数 (本)
1~9	20	北海道	0
10~19	62	東北	40
20~29	86	関東	98
30~39	39	中部	28
40~49	28	北陸	29
50~59	11	近畿	16
60~69	1	中国	30
70~79	16	四国	0
80~89	0	九州	36
90~99	11	沖縄	0
100~109	2		
110~	1		
合 計	277	合 計	277

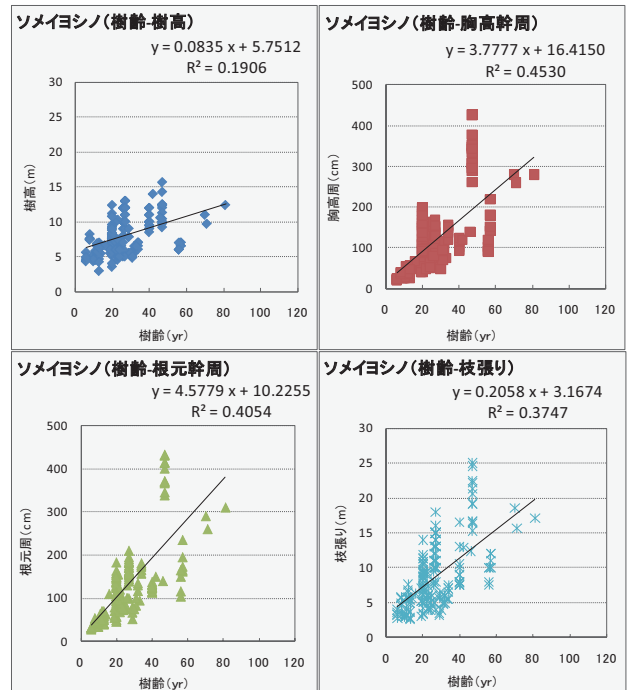


図-2 樹齢と測定部位との直線回帰式 (ソメイヨシノ)

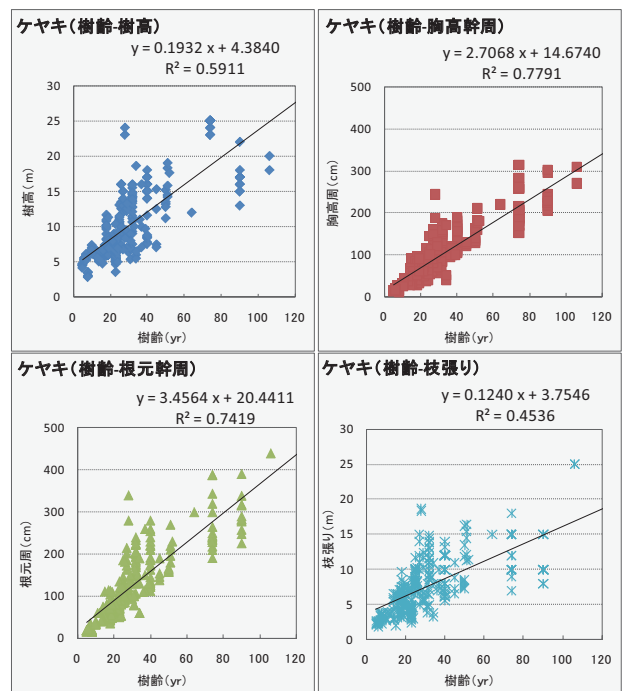


図-3 樹齢と測定部位との直線回帰式 (ケヤキ)

路をトンネル状に覆うため、地域のシンボルロードの緑化樹として多用されている。

測定した樹齢別本数と地域別内訳本数は、表-4 に示すとおりである。

ケヤキの樹齢と、樹高、胸高幹周、根元幹周、枝張りのそれぞれの関係式を算出した結果は図-3 に示すとおりであり、決定係数 ( $R^2$ ) は樹高が 0.6 程度であるが、胸高幹周と根元幹周では 0.7 以上となり、ほぼ直線で回帰された。枝張りでは 0.45 と低く、樹冠の成長に広い空間があるかどうかの影響されたと考えられる。

④ハナミズキ

ハナミズキは、5月頃に咲く花（白、紅）が好まれ住宅地や公園に多く植栽されてきたが、近年では樹高が8m程度であり大きくならない特性が幅員の狭い植樹帯や共同溝が埋設された道路などで適しているとされ、街路樹での植栽が急増している樹木である。

測定した樹齢別本数と地域別内訳本数は、表-5に示すとおりである。

表-5 ハナミズキの調査本数内訳

樹 齢	本 数 (本)	地 域	本 数 (本)
1~9	9	北海道	0
10~19	8	東 北	6
20~29	45	関 東	5
30~39	10	中 部	42
40~49	0	北 陸	0
50~59	2	近 畿	7
60~69	0	中 国	0
70~79	0	四 国	0
80~89	0	九 州	14
90~99	0	沖 縄	0
100~109	0	合 計	74
110~	0		

ハナミズキの樹齢と、樹高、胸高幹周、根元幹周、枝張りのそれぞれの関係式を算出した結果は図-4に示すとおりであり、決定係数 (R<sup>2</sup>) は樹高が 0.4、胸高幹周と根元幹周では 0.6、枝張りが 0.5 程度とあまり高くないが、これは数本の非常に成長の速い樹木があった影響と考えられる。

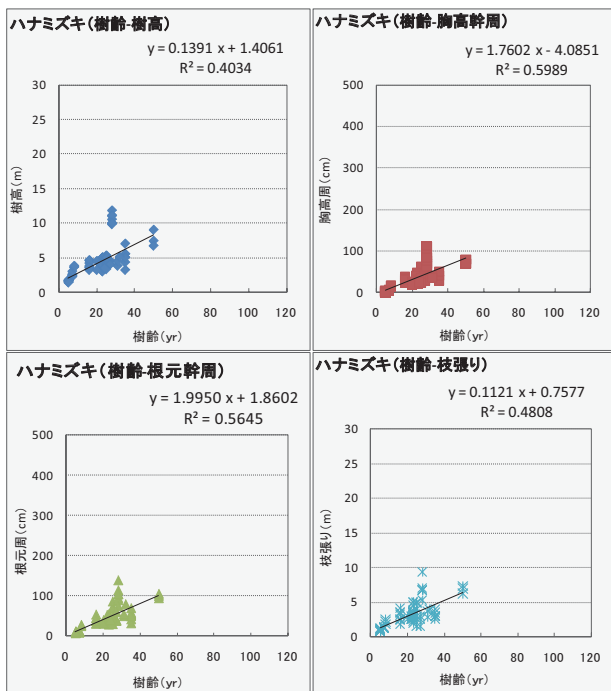


図-4 樹齢と測定部位との直線回帰式 (ハナミズキ)

⑤クスノキ

クスノキは、大きくなる樹木であり九州を中心とした西日本の社寺や公園で多く植栽されている。夏季の緑陰と冬季の日照確保が求められる街路樹には、常緑樹の利用は全体的に多くないものの、クスノキは常緑樹の中で最も多く使用され全体でも6番目に植栽されている。

測定した樹齢別本数と地域別内訳本数は、表-6に示すとおりである。

クスノキの樹齢と、樹高、胸高幹周、根元幹周、枝張

りのそれぞれの回帰式を算出した結果は図-5に示すとおりであり、決定係数 (R<sup>2</sup>) は樹高が 0.35 と低い。また、胸高幹周と根元幹周、枝張りは 0.5~0.7 程度となった。データをみると、樹齢 25 年程度でまとまってある成長の速い樹木が影響していると考えられる。

表-6 クスノキの調査本数内訳

樹 齢	本 数 (本)	地 域	本 数 (本)
1~9	0	北海道	0
10~19	7	東 北	0
20~29	146	関 東	59
30~39	22	中 部	37
40~49	1	北 陸	
50~59	1	近 畿	83
60~69	2	中 国	0
70~79	0	四 国	0
80~89	0	九 州	21
90~99	0	沖 縄	0
100~109	21	合 計	200
110~	0		

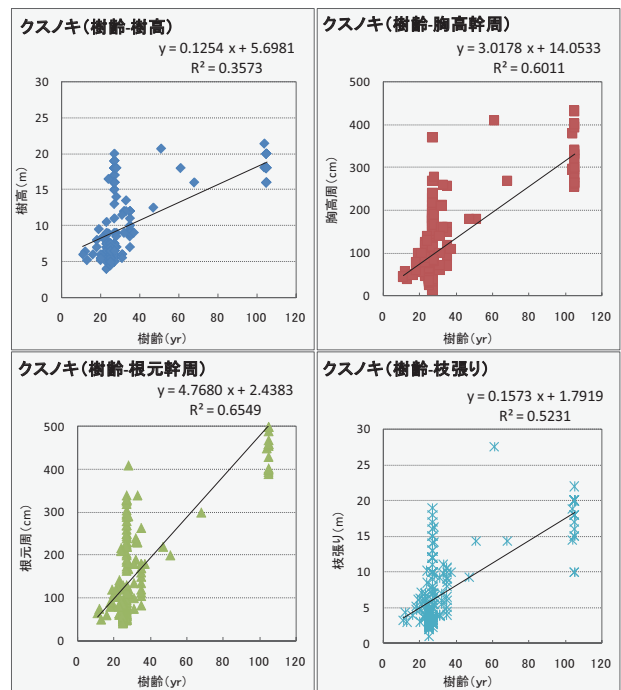


図-5 樹齢と測定部位との直線回帰式 (クスノキ)

⑥ナナカマド

ナナカマドは、北海道から九州まで自然分布するものの北海道から関東、北陸の寒冷地に多く植栽されている。秋の紅葉や赤い果実の観賞価値が高く、街路樹としては北海道で最も多く植栽されている樹種である。

測定した樹齢別本数と地域別内訳本数は、表-7に示すとおりである。

ナナカマドの樹齢と、樹高、胸高幹周、根元幹周、枝張りのそれぞれの関係式を算出した結果は図-6に示すとおりであり、決定係数 (R<sup>2</sup>) は樹高、胸高幹周、根元

樹 齢	本 数 (本)	地 域	本 数 (本)
1~9	26	北海道	48
10~19	24	東 北	36
20~29	35	関 東	21
30~39	29	中 部	0
40~49	7	北 陸	16
50~59	0	近 畿	0
60~69	0	中 国	0
70~79	0	四 国	0
80~89	0	九 州	0
90~99	0	沖 縄	0
100~109	0	合 計	121
110~	0		

幹周、枝張りではほぼ 0.6 以上と比較的高い値を示している。ただし、樹齢が 50 年を超えた樹種では測定できていない。

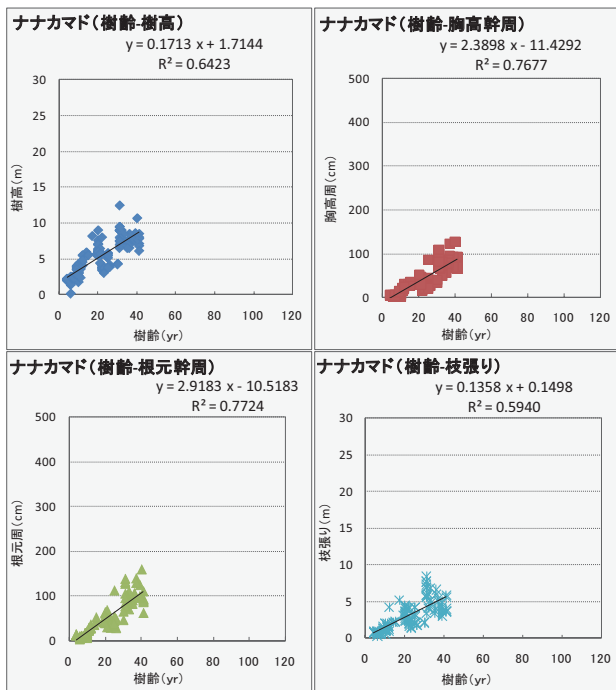


図-6 樹齢と測定部位との直線回帰式 (ナナカマド)

⑦フクギ

フクギは、沖縄の海浜地や屋敷の防風林として植栽されてきた沖縄を代表する樹種である。樹冠形状は狭楕円形で横に広がらないため、街路樹として沖縄県で最も多く使用されている。

測定した樹齢別本数と地域別内訳本数は、表-8 に示すとおりである。

表-8 フクギの調査本数内訳

樹 齢	本 数 (本)	地 域	本 数 (本)
1~9	10	北海道	0
10~19	11	東 北	0
20~29	0	関 東	0
30~39	2	中 部	0
40~49	0	北 陸	0
50~59	0	近 畿	0
60~69	5	中 国	0
70~79	0	四 国	0
80~89	0	九 州	0
90~99	0	沖 縄	34
100~109	3	合 計	34
110~	3		
合 計	34		

フクギの樹齢と、樹高、胸高幹周、根元幹周、枝張りのそれぞれの関係式を算出した結果は図-7 に示すとおりであり、決定係数 ( $R^2$ ) は樹高、胸高幹周、根元幹周、枝張りで 0.9 程度となり直線で回帰された。ただし、データ数が 34 本と少なく、樹齢 20 年を超える樹木のデータが少ない。

1. 3 まとめ

都市緑化樹木の全国的に主要な樹種としてイチョウ、ソメイヨシノ、ケヤキ、ハナミズキ、クスノキを、北海道を代表する樹種としてナナカマドを、沖縄を代表する樹種としてフクギの樹齢別の樹木形状を測定して、樹齢と樹木形状との直線回帰式を算出した。

今回算出した回帰式は、途中段階でありデータのバラ

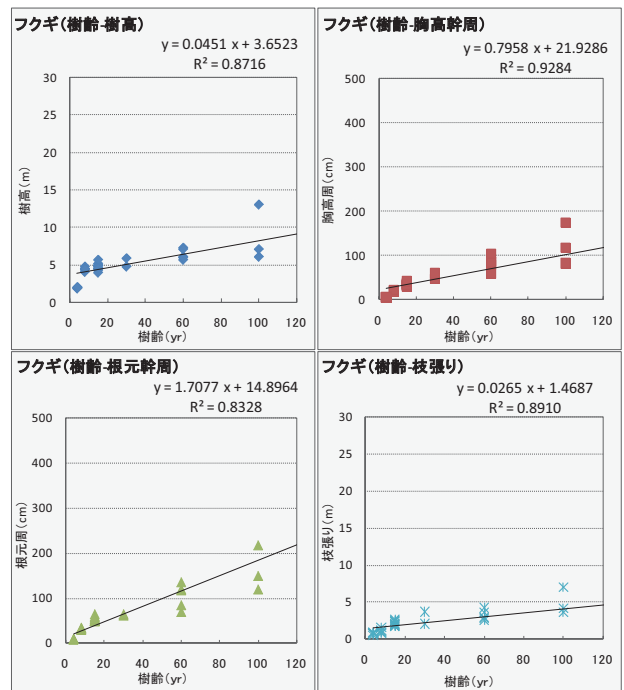


図-7 樹齢と測定部位との直線回帰式 (フクギ)

ツキや各樹齢層を網羅したデータではないことなど不十分な部分はあるものの、植栽後の経年的な樹木形状を表す根拠となるデータと考えられる。このデータを使用することで将来的な植栽空間を予測することが可能となる。

また、これらの樹種について成長量を比較すると、成長が速く大きくなる樹種として、樹高ではケヤキ、イチョウが、胸高幹周ではソメイヨシノ、クスノキが、枝張りではソメイヨシノ、ケヤキが示された。一方で、大きくならない樹種としてフクギ、ハナミズキがあげられた(図-8)。このようなデータは、植栽地の緑化計画に適した樹種選定に有効に活用できる。

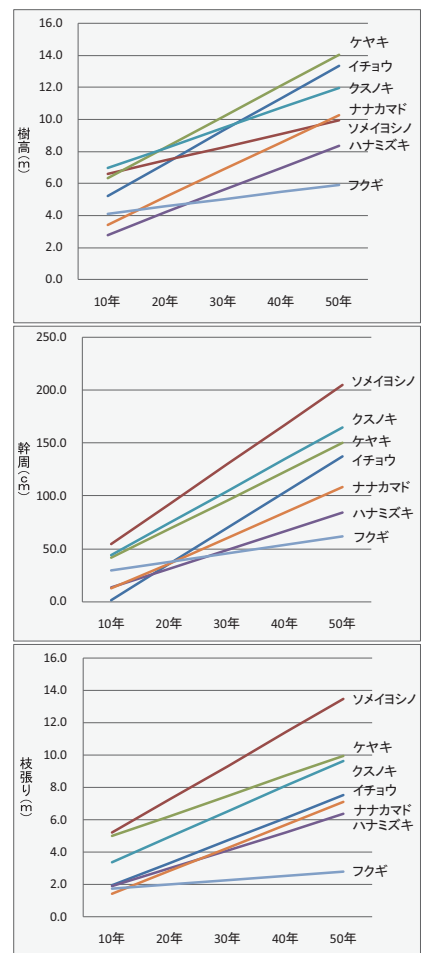


図-8 都市緑化樹木の成長比較

## 2. 根系の非破壊探査技術に関する実験

### 2.1 実験方法

根系分布状況を非破壊で推定する方法として、地中の構造や埋設管、空洞等を対象とした既存の地下探査等の技術である、「地中レーダ探査法」と「比抵抗探査法」を用いて、実際の植栽樹木で根系探査を試行して根系分布の予測を行った。その後、土壌を掘削して根系を露出させ根系の3次元モデルを作成し、両者の根系分布を比較した。

試行する「地中レーダ探査法」においては、根系分布と伸長状況を捉えられるかについて、「比抵抗探査法」においては、根系分布状況を捉えられるかをねらいとしている。各探査法の概要は以下のとおりである。

#### ①地中レーダ探査法

地表から地中に電磁波を放射し、電気特性の異なる境界で反射した電磁波を捉えることにより、主要な根系の伸長方向や分布深度を非破壊で推定する方法である(図-9)。今回の実験に使用した機器は、コマツエンジニアリング(株)の多目的レーダシステム(MGPR-10)で、アンテナは800MHzのものを用いた。

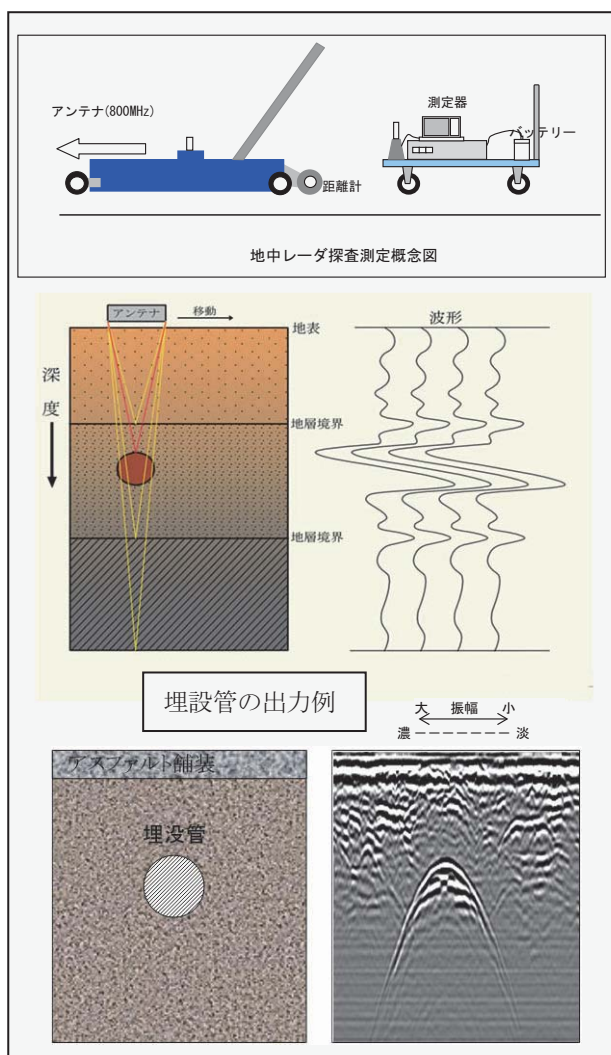


図-9 地中レーダ探査法の概要

#### ②比抵抗探査法

地表から地中に直流電流を流し、地盤の電気的性質(比抵抗値)の分布を把握することにより、根系の分布範囲(比抵抗値の高い場所)を非破壊で推定する方法である。電極配列形態は可探深度を考慮して Mixed Dipole-Gradient Array (ミクストグラジエントダイポール配置)を用いて実施した(写真-1)。測定するにあたり、測定器と切替え器の間で通信によって電極切り替えを自動的に行えるように、事前に EarthImager3D (AGI社)を用いてジオメトリ(電極配列)ファイル、及びコマンド(電極切替)ファイルを作成して測定器である SuperSting R8/IP (AGI社製)にPCを用いてアップロードを行った。



写真-1 比抵抗探査法における電極設置  
実験対象樹木は以下のとおりである(写真-2)。

樹種：ヤマモモ

樹高：11.2m、胸高幹周：1.5m、枝張り：8.6m

樹齢：57年

場所：千葉県袖ヶ浦市・苗圃

根系探査範囲は、以下のとおりである(図-10)。

地中レーダ探査：北西～南東7m

南西～北東5m

比抵抗探査：北西～南東4m

南西～北東4m



写真-2 対象樹木

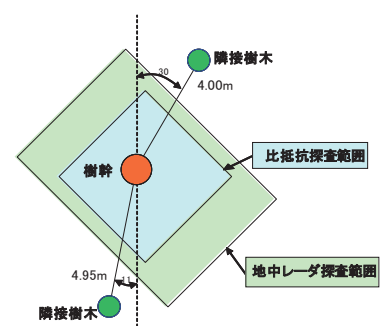


図-10 根系探査範囲

## 2.2 実験結果

### ①根系の掘削

各探査終了後に、根系を掘削して露出させ、形状を測量して3次元モデルを作成した(図-11)。根系の伸長状況は以下のとおりであった。

根系の広がり：直径約8m程度



図-11 ヤマモモの根系

根系の深さ : 2m程度  
 根系伸長状況 : 四方に偏り無く伸長している  
 その他 : クスノキが隣接している

②地中レーダ探査法

探査データの出力画像から根系と推測できる波形を探査範囲図上にプロットして(図-12)、さらにそれを基に根系のつながりを考慮しながら根系推定図を作成し、根系モデルと合成した(図-13)。

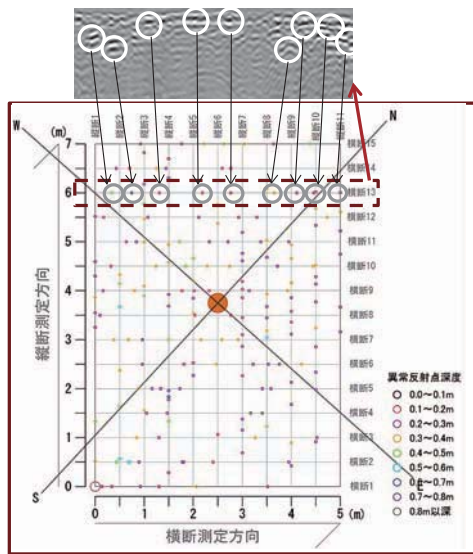


図-12 探査根系のプロット図

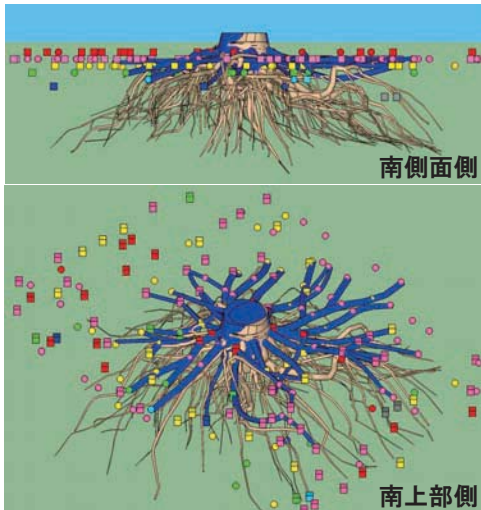


図-13 実根系と推定根系の合成図  
 主に検出された結果となった。

③比抵抗探査法

比抵抗探査の結果から土壌深度別の比抵抗図を作成し、さらに実根系の3Dモデルを同深度毎の断面図とし、両データを合成した(図-14)。

合成図から、深さ30~50cmの北~西方向、西~南方向の実際の根系が分布している位置において、比抵抗値が高い推定根系の分布が予測され、両データの整合がみら

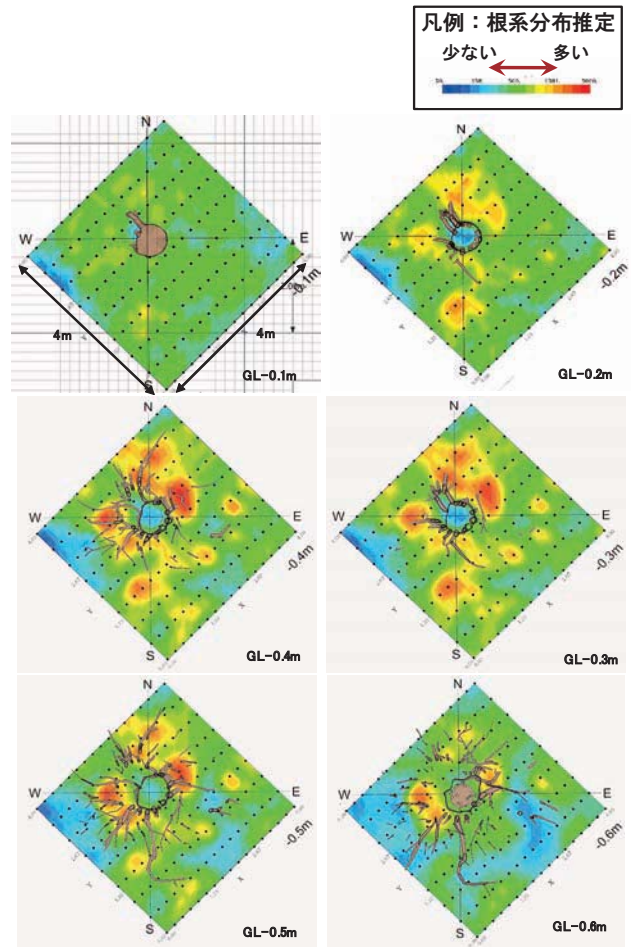


図-14 実根系と比抵抗探査結果の合成図

れた。しかし、深さ60cmでは、実根系の分布が多くみられるものの比抵抗値が高い部分は少なく明確に推定できなかった。

2. 3 まとめ

「地中レーダ探査法」と「比抵抗探査法」について、実際の植栽樹木で根系探査を試行した結果、ある程度の範囲で根系を推定できた。しかし、深い位置の根系は明確に推定できず、特に地中レーダでは表層の根系しか探査できなかった。また、対象木の根系が良好に全ての方向に伸長し分布していたことから、根系がない部分の推定を行う必要があると考えられた。

3. 今後の課題

本調査の結果、都市緑化樹木の成長特性を特定の樹種ではあるものの把握することができた。今後は、樹種ごとに樹齢と各部位の関係式の精度を高め、それぞれの樹種の成長を予測できる式(成長予測式)に整えるとともに樹種数を増やす必要がある。また、根系の非破壊探査技術については、既存の技術での根系推定精度がある程度確認できたが、実用化するには更なる検討(複雑な土壌条件、データ解析の簡易化等)が必要である。