関西自然保護機構会誌 *26*（*1*）：*29−40, 2004*

照葉樹林のツル植物5種の発芽特性

大阪市立大学理学研究科

野田周央・名波　哲・伊東　明・山倉拓夫

Seed germination of five liana species in a warm-temperate evergreen broadleaf forest in Japan. Chikahisa Noda, Satoshi Nanami, Akira Itoh & Takuo Yamakura (*Graduate School of Science, Osaka City University, Osaka, 558-5858 Japan*)

はじめに

木本つる植物（以下ツルと表記）は，樹木と並んで森林の普遍的構成要素である。その種数および個体数は寒い地方で減ずるものの，温帯から熱帯に向かって急激に増加する。(Gentry, 1991；Putz, 1984；Putz & Chai, 1987)。ツルは森林の重要な構成要素であるにも関わらず，ツル植物の生態に関する研究例は少ない。その原因として，樹木が森林構造の骨格をなす主構成要素と認識されてきたのに対し，ツルはその体制の支持を樹木に依存する森林の構造的寄生者と認識されてきたことがあげられる。このためツルの生態には，樹木に比べ不明な部分が多い（Putz & Mooney, 1991)。

ツルは樹木と資源を争い，その森林の動態にも大きな影響を与える。例えばOgawa et al.(1965）は，ツルと樹木の光りをめぐる競争が樹木の葉の量を制限し，ツルの巻き付きが樹木の重要な死亡要因となることを示した。Putz（1984；Putz et al., 1984）は，ツルがはびこった樹木は，ツルのついていない樹木に比べ高い死亡率を示すことから，ツルとの競争は，熱帯の樹木に強い選択圧として働くことを強調した。このように，ツルと樹木は相互作用を通じて結びついている。従って，森林の仕組みや働きを詳しく知るためには，樹木だけではなく，ツルについても理解を深める必要がある（Strong, 1977；谷本，1979)。本研究は照葉樹林のツル植物の発芽特性を予察的に検討することを目的とする。ツルの種子発芽はこれまでにほとんど報告されておらず，その実態は不明である。多くのツルは栄養生殖を可能とするが(Puts, 1984)，離れた場所への侵入と定着には独立樹形の樹木と同じく実生を生み出すことが不可欠であり，ツルにおいても種子による繁殖を無視することはできない。ツルの生活を考える上で，実生創出の重要部分を担う種子発芽過程の把握は，避けては通れないと考える。

春日山での研究実施に際し，御支援と御助言を頂いた菅沼孝之先生，奈良公園管理事務所，春日大社に感謝致します。野外調査，データ解析，討論を通じて，協力と有益な示唆を頂いた神崎護先生，所属研究室の皆様に感謝致します。

方　法

種子の採集地および供試種

種子の採集は奈良市東部の春日山保護林（保護林と表記）の一部分，妙見宮から花山の山頂に至る範囲で行った（種子の採集地と表記)。この保

護林の面積は春日山184 ha，花山77 ha，計261 haとされ（北川，1994a），一部に御蓋山ナギ林，スギおよびヒノキの植林地を含み，組成と構造の局所変異に富む。しかし花山を中心とする核心部分約100 haは，原植生である照葉樹林で覆われており，このため春日山保護林全体は春日山照葉樹林ともよばれる。照葉樹林を含めて保護林については多くの研究があり，その環境条件，組成，構造の概要および詳細は既報に譲る（例えば，小清水ら，1971；菅沼，1991；北川，1994b；西田，2001）。

保護林には1277種，630属，191科の維管束植物が知られ，そのうち36種，24属，17科はツルである（小清水ら，1971）。種子の採集地付近に設置した13 ha調査区（Mizuno et al., 1999）には，2828個体，24種，20属，15科のツルをカウントしたが（野田ら，2003），これらのツルの中には，種子の採集が困難なものが多かった。本報告で取り上げるツルは，種子採集地で出現頻度が高く，かつ1997年の秋に種子確保が容易であった5種にとどまる。すなわちミツバアケビ*Akebia trifoliata* Koidz，ウドカズラ*Ampelopsis cantoniensis* Planch，ムベ*Stauntonia hexaphylla* Decne，ジャケツイバラ*Caesalpinia sepiaria* Roxb，およびフジ*Wisteria floribunda* DC）が発芽実験の供試種である。

種子の採集と貯蔵

保護林で多くの樹木に結実の認められた1997年の秋期，10月下旬から11月初旬にかけて種子の採集地を広く歩き回り，5種の種子を採集した。ムベ，ミツバアケビおよびウドカズラの3種の種子は，落下した果実を拾い集めて研究室に持ち帰り，果実から種子を分離した。フジは樹上の果実から採集した。ジャケツイバラは樹上で裂開した果実から採集した。

採集した種子は水に漬け，水面に浮いた種子は除いた。水に沈んだ種子を集め，濾紙上で表面の水分を除去し，プラスチック製の袋に入れて密封し，冷蔵庫内で約5ヶ月間低温貯蔵（5〜10℃）した。

種子特性の測定

貯蔵した種子の中から少量を12月に取り出し，個々の種子の生重を測定した。次に，種子の長径，短径，および厚さをカリパーを用いて0.1 mm単位で測定し，楕円体近似した種子体積および回転楕円体近似した種子表面積を算出した。長径などの長さの計測を終えた種子は，80℃で1週間以上乾燥させ，個々の種子の乾重を測定した。生重と乾重の測定値から個々の種子の含水量，含水率を求めた。種子の密度は乾燥前の種子の体積を用いて算出した。これらの種子特性量を個々の種子ごとに求め，諸量の平均および分散を求めた。

発芽の野外試験

発芽試験は大阪市立大学構内の実験圃場で行った。実験圃場で気象観測を行っていないが，大阪市の年平均気温は16.5 ℃，暖かさの指数（Kira, 1991）は138.3 ℃であり，照葉樹林の成立する温度条件を満たしている（国立天文台，2002）。1998年4月28日に冷蔵庫から5種のツルの種子を取り出し，細粒の赤玉土（赤松種苗，大阪）を詰めた円形のプラスチック製トレー（セルトレー200，タキイ種苗，京都）に播種した。このトレーは内径2.4 cm×2.4 cm，深さ4.5 cmのセルを200個（10×20）繋いだ育苗用の器具である。1セルあたりの播種数は1個，覆土は約0.5 cmとした。実験に用いた5種，すなわちウドカズラ，ミツバアケビ，ムベ，ジャケツイバラ，フジの播種数は，それぞれ309，550，340，260，39であった。

播種したトレーは圃場内に設置した相対照度57.0％の被陰格子内に移した。日陰格子は鉄パイプ（イレクター，矢崎化工，静岡）製の形枠に寒冷紗（クレモナ寒冷紗，クラレ，大阪）を張って作成した。発芽試験を被陰格子内で行った理由は，種子採集地の林内は概して暗く相対照度50％を超えるギャップは稀であり，完全にオープンな場所は皆無であること（仲，1982），圃場では虫害があるため防除ネットを張る必要性が生じたこと，および用土の乾燥回避に日陰ネットが必要であったことにある。発芽試験期間を通じて培養土を湿潤に保つため，自動灌水装置（水やりタイマーEY 4100，松下電工，大阪）を用いて朝夕潅水した。

発芽数のカウントは1日から7日の間隔で行った。この作業が不定期間隔とならざるを得なかった理由は，別に行っていた野外調査の都合による。僅か5種とはいえ，発芽に要する期間は種毎に異なった。発芽数は少ないものの，種によっては2年目にも発芽するものもあった。試験に供したすべての種子の発芽を見届けるためには長期の観察期間を必要とするが，1999年7月31日には発芽試験を終了した。すなわち15ヶ月にわたって発芽を観察したことになる。

データ解析

任意の時点t日までに発芽した累積種子数を，実験に供した総種子数で除し，100倍して累積発芽率（％）とした。累積発芽率の時間方向の変化は発芽曲線とよばれる。本研究では発芽曲線のモデルとして次式のワイブル分布（山内，1972）を仮定した。すなわち，

$$F(t) = N\left\{1 - \exp\left[\left(-\frac{t-t_0}{a}\right)^m\right]\right\}$$

である。ただし，$F(t)$は累積発芽率を，係数N（％）はツルの種毎に求まる最終発芽率をあらわす。またt_0，a，およびmは種毎に定まるワイブル分布の係数で，それぞれ位地の母数，尺度の母数，形の母数といわれる。最終発芽率Nは発芽試験結果から直接求めることができるので，発芽曲線の係数の推定に際しては，Nに実測の最終発芽率の値を用いることとした。発芽曲線の残る3係数の推定は，Nを既知とし，非線形最小自乗法（DeltaGraph ver. 5.0, 日本ポラデジタル，東京）を用いて行った。

発芽特性の種間比較を容易化するため，$F(T)$をNで除して規格化した。この規格化は最終発芽率Nが100％となるように発芽曲線を変換することを意味する。この規格化された発芽曲線（規格化発芽曲線と表記）を基に，発芽時間のモードMo，平均M，および分散Vを次式から算出した（山内，1972）。

$$M_0 = a\left(1-\frac{1}{m}\right)^{1/m} + t_0$$

$$M = a\Gamma\left(1+\frac{1}{m}\right) + t_0$$

$$V = a^2\left\{\Gamma\left(1+\frac{2}{m}\right) - \Gamma^2\left(1+\frac{1}{m}\right)\right\}$$

上式でΓはガンマ関数をあらわす。また，ワイブル分布の3係数には，非線形最小自乗法で推定した係数の値を代入する。既に述べた発芽曲線を変形すると，任意の累積発芽率P（％）に達するのに必要な時間$T(P)$は次式で与えられるから，

$$T(P) = a\left\{\ln\left(\frac{N}{N-P}\right)\right\}^{1/m} + t_0,$$

規格化発芽曲線の中央値は上式に$P=0.5N$

(%) を代入して求めた。同様に規格化発芽曲線における任意の累積発芽率 Q (≦1.0, %換算しない) に対応する時間は, $P = QN$ (%) として, T ($P=QN$) から求めた。すなわち, T (P) の式で P 項に QN を代入した。その他, 発芽に関する諸量の種間差の検定に分散分析 (ANOVA) を, 諸量間の相関の検出にスペアマンの順位相関係数を用いた。

結　果

種子特性

種子の重量や体積など, 種子サイズに関連する諸量を表1に示す。また, 種子の含水率など, 水分に関連する諸量を表2に示す。ただし, ムベ, ウドカズラのサンプル数は少ない。サイズに関する5変量 (表1), およびは水分と密度に関する5変量 (表2) には, どの変量についても有意な種間差が認められた (ANOVA, $p<0.01$)。

種子が吸水することは種子の表面から内部に向かって水が流れることである。表1で (面積／体積) と表記した種子の面積と体積の比は, 吸水に有効に働く表面積を体積で規格化したもので, 物理的吸水の起こり易さの指標として仮説的に算出した。この仮説的数値は小さな種子ほど大きく, 種皮が同質であれば, 小さな種子ほど吸水に有利な条件が潜在的に備わっていることが解る。

表2で重量密度 (単位体積あたり重量) の算出には, 乾燥する前の生の種子の体積を用いた。この量の算出において, ウドカズラの種子の生重密度は1.0以下なった。これではウドカズラの種子が水に浮くことになるが, 実際はそうではない。このような数値が得られたのは, ウドカズラの種子の表面は深い皺で刻まれており, 本研究で試みたカリパーによる種子長の測定では, 体積が過大に測定されてしまったことによる。従って, このウドカズラの妥当な測定値は得られておらず, 表2の該当欄にその数値を記すことができなかった。

表1. 種子のサイズ特性の平均値. (　) 内の数値は標準偏差を表す.

種　名	測定数	生重 (mg)	乾重 (mg)	体積 (mm^3)	表面積 (mm^2)	表面積/体積 (mm)
ウドカズラ	5	14.0(3.2)	9.6(3.2)	20.6(3.6)	36.5(4.0)	1.79(0.11)
ミツバアケビ	25	32.7(2.5)	25.4(2.0)	23.1(2.6)	44.2(3.2)	1.92(0.11)
ムベ	4	109.0(17.8)	60.3(5.7)	95.9(17.9)	115.5(16.6)	1.17(0.05)
ジャケツイバラ	15	223.1(18.0)	218.9(18.2)	179.0(14.7)	162.3(8.7)	0.91(0.03)
フジ	48	395.5(91.8)	332.0(78.0)	322.3(72.0)	317.8(46.7)	1.00(0.09)

表2. 種子の水分および密度に関する諸量の平均値. (　) 内の数値は標準偏差を表す.

種　名	含水量 (mg)	含水率 (%)	体積含水比 (%)	生密度 (g/cm^3)	乾密度 (g/cm^3)
ウドカズラ	4.4(1.1)	32.6(8.9)	21.1(2.8)	N. D.*	N. D.*
ミツバアケビ	7.3(2.0)	22.2(5.6)	32.1(9.9)	1.43(0.15)	1.10(0.09)
ムベ	48.8(12.4)	44.3(4.0)	50.5(4.1)	1.14(0.05)	0.64(0.06)
ジャケツイバラ	4.2(2.5)	1.9(1.1)	2.3(1.4)	1.23(0.11)	1.23(0.11)
フジ	63.4(14.3)	16.1(0.9)	19.7(1.4)	1.23(0.06)	1.03(0.05)

また，ジャケツイバラの含水率は他の種子のそれに比べ極端に低く（表２），種子にはほとんど水分が含まれていないことが解った。この理由として，ジャケツイバラの種子は，採集時には種子を包む莢（果実）が裂開して，空気に曝されていた状態であったのに対し，他の種子は果実に包まれた状態であったことがあげられる。本研究で採集したジャケツイバラの種子は長期に渡って乾燥した空気に曝され続けたと推定される。これとは逆に，莢に包まれた状態では他の種子と同じレベルで含水率を保っていると考えたい。種子の含水率の比較には，採集時の種子の存在状態に考慮する必要がある。

発芽率

発芽試験結果から得た，発芽数および発芽率を表３に示す。最小の種子サイズを持つウドカズラと最大の種子サイズのフジは１年目（1998年）に発芽を完了したと思われ，２年目の発芽は起こらなかった。一方，中間の種子サイズを持つミツバアケビ，ムベ，ジャケツイバラは，試験期間の２年目の1999年にも僅かとはいえ発芽した。表中の２年目の発芽率Ａは，２年目の発芽数を播種数で除した発芽率を表す。一方，２年目の発芽率Ｂは，播種数から１年目の発芽数を引いた値で２年目の発芽数を除して算出した仮説的な値である。発芽試験期間を通じて発芽に至らずに死亡する個体もあるから，この仮説的発芽率の計算法は検討を要する。総発芽率は，１年目の発芽数に２年目の発芽数を加えた総発芽数を，播種数で除して求めた。総発芽率はフジで高く，ミツバアケビで小さい（表３）。総発芽率の支配要因を探る一助として，総発芽率と種子の諸特性量（表１，２）の間の相関を検討したが，有意な相関は認められなかった（スペアマンの順位相関係数，$p>0.05$）。

発芽曲線のワイブル分布近似

1998年に観測した５種の発芽曲線を図１に示す。図の曲線は発芽曲線をワイブル分布で近似した軌道をあらわす。この軌道計算において，最終発芽率Nには試験１年目の発芽率（表３）を用いた。また，軌道計算に用いたワイブル分布の係数を表４に示すが，これらの係数は非線形最小自乗法によって推定した。表４で種の配列は表１，２，３と同じく，種子重の昇順に従っている。表中の決定係数は実測の発芽率と推定発芽率の間の相関係数の２乗の値を示し，0.89から0.99の範囲にある。決定係数および図１から，実測値に対するモデルの適合状態は低くはないことが解る。ワイブル分布の３係数は種間で大きく変動し，５種に

表３．播種数，発芽数および発芽率.

種　名	ウドカズラ	ミツバアケビ	ム　ベ	ジャケツイバラ	フ　ジ
播種数	309	550	340	260	39
１年目発芽数	220	84	243	133	37
２年目発芽数	0	9	1	19	0
総発芽数	220	93	244	152	37
１年目発芽率（%）	71.20	15.27	71.47	51.15	94.87
２年目発芽率Ａ（%）	0.00	1.64	0.29	7.31	0.00
２年目発芽率Ｂ（%）	0.00	1.93	1.03	14.96	0.00
総発芽率（%）	71.20	16.91	71.76	58.46	94.87

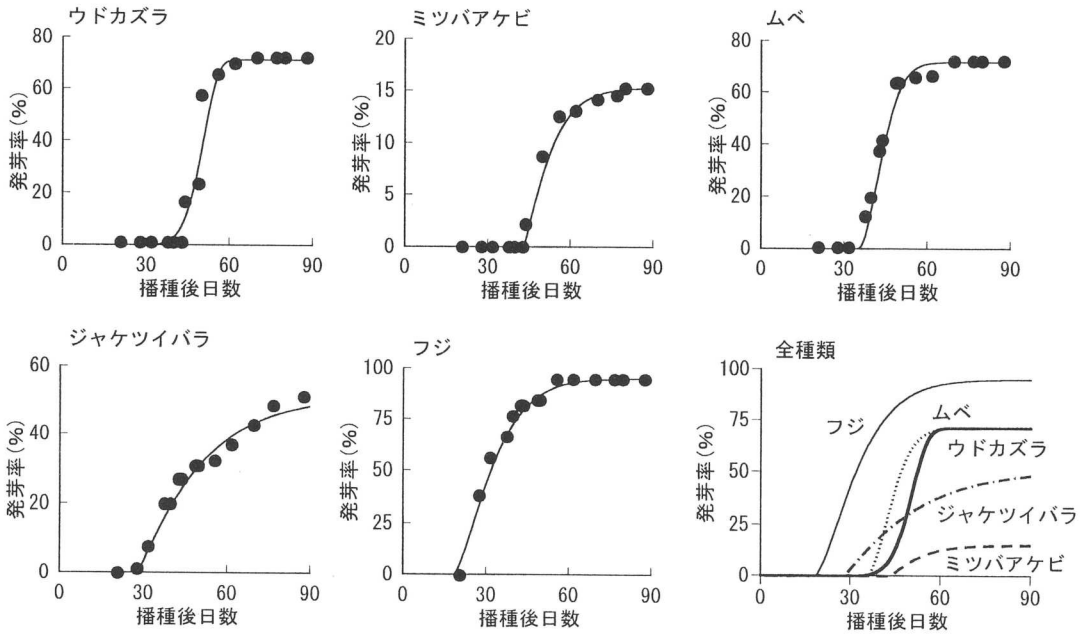


図1. ツルの発芽曲線. 黒丸（●）の記号は実測値を, 実線はワイブル分布による計算値を示す.

共通して定数（一定の値）を取る係数を見出すことはできなかった（表4）。

係数 t_0 は発芽開始日の遅れを表す。このため図1の発芽曲線の軌道計算において，$t<t_0$ の範囲では発芽率を定義により0として扱っている。この係数はフジおよびウドカズラで小さくムベおよびミツバアケビで大きい。また，係数 t_0 と種子の諸特性（表1，2）の間には，有意な相関は認められなかった（スペアマンの順位相関係数，$p>0.05$）。係数 a は発芽時間を無次元化する一種のスケーリング係数としてとらえることができ，その値はウドカズラで最大，ミツバアケビで最小となった（表4）。この係数 a についても，種子の諸特性（表1，2）に対する有意な相関は認められなかった（スペアマンの順位相関係数，$p>0.05$）。

係数 m は無次元であり，その値は日々の発芽速度 $dF(T)/dt$ の t 方向の変化パターンに大きな影響を与える。特に $m=1.0$ は，日々の発芽速度が t 方向で指数関数的に減少することを示す。ジャケツイバラは $m>1.0$ ではあるものの，m の値は1.0から大きくは離れていない（表4）。一方，ウドカズラで認められる大きな $m=6.77$ は，発芽開始後の急速な発芽進行と，t～$dF(T)/dt$ 関係に明瞭な極大値の峰があることを示す。この大きな m を除けば，他の m の値は1.0～2.0の範囲内にあり（表4），ツルの t～$dF(T)/dt$ 関係には一般的にルーズな極大値が表れるといえる。また，他の2係数とは異なり，係数 m に対して有意な相関（スペアマンの順位相関係数）が認められた種子の特性量（表1，2）として，種子含水率（正の相関，$p<0.05$），種子生密度（負の相関，$p<0.05$），種子乾密度（負の相関，$p<0.01$）をあげることができる。しかし，これらの有意な相関関係の生物学的意味は明らかではない。

発芽曲線の4係数，N, t_0, a, m が種子特性に関する多くの諸量（表1，2）に対して独立であっ

表4．発芽曲線の係数と発芽統計量.

変量	ウドカズラ	ミツバアケビ	ムベ	ジャケツイバラ	フジ
総播種数	309	550	340	260	39
N（%）	71.20	15.27	71.47	51.15	94.87
X_0（日）	20.69	42.93	35.36	27.96	18.38
a（日）	30.7	10.62	10.32	23.75	16.51
m	6.77	1.22	1.78	1.09	1.41
決定係数 r^2	0.89	0.97	0.99	0.98	0.98
モード（日）	50.67	45.58	41.86	30.5	25.23
メジアン（日）	49.77	50.8	43.76	44.95	31.11
平均（日）	49.36	52.87	44.54	50.91	33.42
分散（日^2）	24.67	66.71	28.39	440.56	117.2
5％発芽日（日）1)	40.49	43.87	37.31	29.53	20.39
95％発芽日（日）2)	56.79	68.97	54.46	92.66	54.37
90％発芽期間（日）3)	16.30	25.10	17.16	63.13	33.99

1）規格化発芽曲線で累積発芽が5％になるのに要した日数. 2）規格化発芽曲線で累積発芽率が95％になるのに要した日数.
3）規格化発芽曲線で発芽率の下側5％および上側5％を除いた90％発芽期間.

たことから類推されることではあるが，4係数間にも有意な相関は認められず（スペアマンの順位相関係数，$p>0.05$），4係数は互いに独立の係数として扱えることが解った。発芽試験2年目の1999年に得た発芽曲線についても解析を行うべきであるが，発芽数が少なかったため，詳しい解析を行うことができなかった。

発芽統計量

ワイブル分布で近似した規格化発芽曲線の係数を用いて，平均，分散など発芽日に関する統計量を計算した（表4）。これらの統計量は発芽の早さ，バラツキまたは揃い方に関連する。曲線の3係数が種間で大きく変動することと対応して，発芽日の統計量にも種間差が大きい。統計量の中で，種子特性（表1，2）との間に有意な相関を持つ変量に5％発芽日があげられる。この変量には種子生重，種子乾重，種子体積，種子表面積に対して正の相関が認められた（$p<0.05$）。

考　察

ツルの発芽

発芽試験に用いたジャケツイバラの種子の含水率はきわめて低く，ほとんど水が含まれていない状態であった。このような低い含水率では発芽が危ぶまれたが，それでも試験1年目の発芽率は50％以上となった。ジャケツイバラの種子は極めて高い耐乾性を持つことが解ったが，類似の耐乾性を持つツルが存在するか否かは興味深い。また，ジャケツイバラが属するマメ科植物には，フジのように発芽が容易なものと，発芽が極めて困難なものが知られている。マメ科植物の中にあって，ジャケツイバラは発芽が比較的容易な種に属することが判明した。

ミツバアケビは鳥によって広域に散布され，人家の庭でも容易に芽生える身近なツルであるが，その発芽率は低かった。発芽試験の2年目にも発芽することから，埋土種子を形成する能力を伺わせる。Naka（1984）による春日山照葉樹林の埋土種子調査では，ムベの埋土種子は記録されているが，アケビ属のそれは記録されていない。春日山のミツバアケビが埋土種子形成能を持つか否かの確認のためには，種子の埋土実験（Kanzaki *et*

al,1997）が必要である。ツルの多くは先駆種として認識されおり，埋土種子を形成することが期待される。アケビ属を含めて，他のツルについても種子の埋土実験は将来の課題である。

通常の発芽試験は1年以内の短期間で発芽が完了すると仮定して実施され，未発芽種子は不良（死亡）種子として理解されてきた。本研究のツルの発芽のように，2年以上に渡って発芽が生ずる場合，未発芽種子の解釈は単純ではない。表3では2つの仮説的発芽率を示したが，データ解析法も未開発である。このように，ツルの発芽には克服すべき課題が多々残されている。

発芽率にはツルの種類によって大きな違いが見られたが，発芽曲線の軌道はいずれもワイブル分布で近似できた。ワイブル分布は確率変数が正の領域で定義されていて，かつ発芽曲線に要求される重要な一性質，すなわち$t=0$で$F(t)=0$であること，を満たす数少ない初等関数の一つである。しかし，その3係数の推定値は互いに独立で，種子サイズや種子の水分特性とも無相関であり，一定の傾向を抽出することは困難であった。また，規格化発芽曲線から算出した発芽日の統計量の多くも，種子特性とは独立であった。これまでに述べた諸量および新たに付加する実測した3変量，計25変量の間の相関関係を表5に要約する。ここで実測した新たな3変量とは，播種日から数えて最初に発芽が観察された日数（発芽開始日），播種日から数えて最後に発芽が観察された日数（発芽終了日），発芽終了日から発芽開始日をさし引いた日数（発芽期間）で，共に発芽試験1年目あたる1998年に得た観察値である（表5）。表から明らかなように，諸量間の関係には，定義によ

表5．Spearmanの順位相関係数による種子特性および発芽特性を表す諸量間の相関．正および負の記号はそれぞれ正および負の相関を表す．記号（＋＋）および（－－）は$p<0.01$で有意，記号（＋）および（－）は$p<0.05$で有意，およびnsは有意でない関係を表す．

	変量の番号と定義	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	種子生重		++	++	++	−	ns	ns	ns	ns	ns	+	ns	ns	ns	ns	ns	ns	++	ns	ns	ns	+	ns	ns	ns
2	種子乾重			++	++	−	ns	ns	ns	ns	ns	+	ns	ns	ns	ns	ns	ns	++	ns	ns	ns	+	ns	ns	ns
3	種子体積				++	−	ns	ns	ns	ns	ns	+	ns	ns	ns	ns	ns	ns	++	ns	ns	ns	+	ns	ns	ns
4	種子表面積					−	ns	ns	ns	ns	ns	+	ns	ns	ns	ns	ns	ns	++	ns	ns	ns	+	ns	ns	ns
5	種子面積/体積						ns	ns	ns	ns	ns	−	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
6	種子含水量							ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	+	ns	ns
7	種子含水率								ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	+	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
8	種子体積含水比									ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
9	種子生密度										+	ns	ns	ns	ns	ns	ns	−	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
10	種子乾密度											ns	ns	ns	ns	ns	ns	−−	ns	ns	ns	−	ns	ns	−	ns
11	実測発芽開始日												ns	ns	ns	ns	ns	ns	+	+	ns	ns	++	ns	ns	ns
12	実測発芽終了日													+	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	−
13	実測発芽期間														ns	ns	ns	+	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	−
14	1年目最終発芽率															ns	ns	ns	ns	+	++	ns	ns	+	ns	ns
15	x_0																ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
16	a																	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
17	m																		ns	ns	ns	+	ns	ns	+	ns
18	モード																			ns	ns	ns	+	ns	ns	ns
19	メジアン																				+	ns	+	ns	ns	ns
20	平均																					ns	ns	+	ns	ns
21	分散																						ns	ns	++	ns
22	5％発芽日																							ns	ns	ns
23	95％発芽日																								ns	ns
24	90％発芽期間																									ns
25	2年目発芽率																									

り何らかの関係が期待される変量間の関係を除けば，その殆どに統計学的有意性を認めることができない。このことは，実験の単純さとは裏腹に，発芽が複雑な生命現象の一つであることと対応する（藤伊，1975）。

春日山照葉樹林のツル

春日山の森の劣化が問題とされている（前迫，2001；山倉ら，2001）。森の現状は，樹木だけではなく，ツルの存続にとっても楽観を許さない。奈良シカは樹木の芽生えもツルの芽生えも無差別に食べる。1～2年の短期間で調べると，種子から芽生えた個体が胸高（1.3 m）を越え，個体の更新が起こっていると錯覚させるデータを得ることはできる。これは更新した個体が小さすぎるため，シカが食べ残すからである。しかし更新した個体



図2. 近畿地方以南のウドカズラの分布. 凡例の数字で1はウドカズラが絶滅した府県，2は過去に分布が記録されたことのある地点，3は現在分布が確認されている地点，4は絶滅が危惧される府県，5は潜在的分布域とされるが，近年分布調査が行われていない府県，6はこれまでに分布が記録されていない，非分布域とされる府県. 春日山のある奈良県は当該種の潜在的分布域であるが，分布調査が近年行われておらず，その現状は不明である. 作図に際しては，第31回全国植樹祭実行委員会（1980），福岡県（2004），広島市（2004），兵庫県（2004），邑田（2000），都城盆地植物愛好会（2004），宮崎大学（2004），長崎県（2004），岡山大学農業生物学研究所（1980），岡山県（2004），佐賀県（2004），自然観察指導員熊本県連絡会（2004），山口県（2004），山中（1978），和歌山県（2004）のデータを引用した.

が大きくなって，食べごろのサイズになると，やがてはシカに食べられる。10年間程度の期間で調べると，ツルの個体の更新は生じていない。ツルにとっても春日山は安住の地とはいえない。

ツルにも保全の光を

木材に商業的価値が発生して以来，用材生産の森では，ツルは樹木の生長を妨げるペスト（病害植物）として，除去または根絶の対象とされてきた（Puts *et al.*, 1984）。用材生産のための森林施業で健在の「ツル切り」（藤森隆郎，1996）の用語は，防除の対象とされ続けたツルと人の一般的関係を物語っている。神の鎮座する春日山の森は，ツル切りが積極的に行われた形跡のない，稀な森の一つである。とはいえ，春日山の森でもツルは存続の危機にあることは既に述べた。

近畿地方に限定するが，若い人工造林地，道路の法面，鉄道沿線，郊外の住宅開発予定地などで繁茂するクズを除けば，ツルは至る所にあるようには見えない。堀川芳雄先生の大著（Horikawa, 1972a）によれば，ジャケツイバラは近畿圏に広く分布する。しかし，ジャケツイバラと何時でも会える場所は，近畿圏で何か所に残っているであろうか。

ウドカズラは気根を持つ点で，我が国では特異なツルである。この種は紀伊半島以南の地域に広く分布するとされるが，堀川先生の分布図には記載がない（Horikawa, 1972a, b）。既存の出版物およびインターネットでの情報を基に，ウドカズラの分布域を地図上に画くと図2を得る。岡山県ではウドカズラは絶滅したという（岡山県, 2004）。春日山のある奈良県はウドカズラの潜在的分布域であるが，分布調査が近年行われておらず，その現状は不明である。ツルの地理分布を具に調査したわけではない。しかし，すべてのツルが繁茂し過ぎているわけではなく，ウドカズラのように数が減少している種もある。ツルの保全にも，もっと光が当たるように願う。

引用文献

第31回全国植樹祭実行委員会（編）. 1980. 三重の樹木. 175pp. 大阪営林局, 大阪.

藤森隆郎. 1996. つる切り.「森林の百科事典」（太田猛彦, 北村昌美, 熊崎実, 鈴木和夫, 須藤彰司, 只木良也, 藤森隆郎編）, 471p. 丸善, 東京.

福岡県. 2004. 福岡県ホームページ（http://www.pref. fukuoka. jp）.

Gentry, E. H. 1991. The distribution and evolution of climbing plants. In: *The Biology of Vines* (Puts, F. E. & Mooney, H. A. eds.), 3 － 49. Cambridge University Press, Cambridge.

広島市. 2004. 広島市ホームページ（http://www.city. hiroshima. jp）

兵庫県. 2004. 兵庫県ホームページ（http://www.pref. hyogo. jp）.

Horikawa, Y. 1972a. *Caesalpinia decapetala* Merr. In: Atlas of Japaese Flora. I. (Horikawa, Y.), 133 p. Gakken, Tokyo.

Horikawa, Y. 1972b. Atlas of Japaese Flora. II. 8＋360 (862-500)＋12pp. Gakken, Tokyo.

藤伊正. 1975. 植物の休眠と発芽. *UP Biology*, 4. 102pp. 東京大学出版会, 東京.

Kira, T. 1991. Forest ecosystems of east and southeast Asia in global parspective. *Eclogical Resarch*, 6 : 185－200.

北川尚史. 1994a. 奈良公園の概況.「奈良公園の自然」（北川尚史編）, 11－12. 奈良教育大学, 奈良.

――（編）. 1994b. 奈良公園の自然, 195pp. 奈良教育大学, 奈良.

Kanzaki, M., Yap, SK., Kimura, K., Okauchi, Y.

& Yamakura, T. 1997. Survival and germination of buried seeds of non-dipterocarp species in a tropical rain forest at Pasoh, West Malaysia. *Tropics*, 7 : 9－20.

国立天文台（編）. 2002. 理科年表2002年版. 984pp. 丸善, 東京.

小清水卓二・岩田重夫・菅沼孝之・北川尚史・浜田稔. 1971. 植物.「奈良市史自然編」（奈良市史編集新議会編）, 109－260. 奈良市, 奈良.

前迫ゆり. 2001. 春日山原始林におけるシカと植物の現状と問題点. 関西自然保護機構会誌, 23 : 171－177.

都城盆地植物愛好会. 2004. 都城盆地及び周辺の植物ホームページ（http://www. bonchi. jp）.

宮崎大学. 2004. 宮崎大学演習林ホームページ（http://www. fsc. miyazaki-u. ac. Jp）.

Mizuno, T., Fujii, N., Kanzaki, M. & Yamakura, T.（1999）. Fractal nature of spatial patterns in Japanese evergreen oak forest trees. *Vegetation Science*, 16 : 103－113.

邑田仁（編）. 2000. CD-ROM 現色牧野植物大圖. 北隆館, 東京.

長崎県. 2004. 佐賀県ホームページ（http://www. pref. nagasaki. jp）.

Naka, K. 1982. Community Dynamics of evergreen broadleaf forests in southwestern Japan. 1. Wind damaged trees and canopy gaps in an evergerrn oak forest. *Botanical Magazine, Tokyo*, 95 : 385－399.

—— & Yoda, K. 1984. Ibid. II. Species composition and density of seeds buried in the soil of a climax evergreen oak forest. *Botanical Magazine, Tokyo*, 97 : 61－79.

西田史朗. 2001. 世界遺産・春日山原始林：地形と地質. 関西自然保護機構会誌, 23(2) : 111－125.

野田周央・名波哲・伊東明・山倉拓夫. 2003. 春日山照葉樹林における木本性ツル植物の分布と地形の相関. 第50回日本生態学会大会講演要旨集, 295p. 日本生態学会第50回大会実行委員会, 筑波.

Ogawa, H., Yoda, K., Ogino, K. & Kira, T. 1965. Comparative ecological study on three main types of forest vegatation in Thailand. II. Plant Biomass. *Nature and Life in South-East Asia*, 4 : 49－80.

岡山大学農業生物研究所. 1980. 岡山大学農業生物研究所所蔵植物標本目録. 205pp. 岡山大学, 岡山.

岡山県. 2004. 岡山県ホームページ（http://www. pref. okayama. jp）.

Putz, F. E. 1984. The natural history of lianas on Barro Colorado Island, Panama. *Ecology*, 65 : 1713－1724.

Putz, F. E., Lee, H. S. & Goh, R. 1984. Effects of post-felling silvicultural treatments on woody vines in Sarawak. Malaysian Forester, 47 : 214－226.

Putz, F. E. & Chai, P. 1987. Ecological studies of lianas in Lambir National Park, Sarawak, *Malaysia. Journal of Ecology*: 75, 523 - 531.

Putz, F. E. & Mooney, H. A. 1991. *The Biology of Vines*. 526pp. Cambridge University Press, Cambridge.

Shimoda, K., Kimura, K., Kanzaki, M. & Yoda, K. 1997. The regeneration of pioneer tree species under browsing pressure of deer in an evergreen oak forest. *Ecological Research*, 9 : 85－92.

佐賀県. 2004. 佐賀県ホームページ（http://www. pref. saga. jp）.

下田勝久. 1997. カラスザンショウの埋土種子戦

略と定着過程に関する研究. 大阪市立大学理学研究科博士論文. 91pp. 大阪市立大学, 大阪.

Strong, D. R. 1977. Epiphyte loads, tree falls, and perennial forest disruption: a mechanism for maintaining higher tree species richness in the tropics without animals. *Journal of Biogeography*, 4 : 215－218.

自然観察指導員熊本県連絡会. 2004. 自然観察指導員熊本県連絡会ホームページ（http://ww71.tiki. ne. jp）.

菅沼孝之. 植物とともに40年（菅沼孝之業績集・下）. 292pp. 菅沼孝之先生退官記念事業会, 奈良.

谷本丈夫. 1979. 造林地における下刈り, 除伐, つる切りの役割. 遺伝, 33(11) : 39－47.

山内二郎（編）. 1972. 統計数値表 JSA-1972. 19 ＋ 9 ＋ 451 ＋ 266pp. 日本規格協会, 東京.

山口県. 2004. 山口県ホームページ（http://eco. pref. yamaguchi. jp）.

山倉拓夫・川崎稔子・藤井範次・水野貴司・平山大輔・野口英之・名波哲・伊東明・下田勝久・神崎護. 2001. 春日山照葉樹林の未来. 関西自然保護機構会誌, 23(2) : 157－167.

山中二男. 1978. 高知県の植生と植物相. 461pp. 林野弘済会高知支部, 高知.

和歌山県. 2004. 和歌山県ホームページ（http://www. pref. wakayama. lg. jp）.