

7. 複層林の造成管理技術の開発

(4) 上木の間伐予測プログラムの作成

松尾健次
(国庫補助)

〔目的〕

複層林を適正に維持管理していくためには、下木の生長を促す林内環境を維持していくために受光伐も含めた間伐が必要であり、これらの実施時期や間伐程度があらかじめ予測できれば計画的な複層林施業が可能となる。このため、既存の複層林を数多く測定しその調査結果をもとに、地位別の施業体系が検討されてきている。しかしながら、これらの施業体系は標準的ないわばモデル的なものであり、植栽本数や過去の除間伐の回数、割合等それぞれ異なる個々の林分について予測する際には、個々に修正を加える必要があることから利用しにくい面がある。このため個々の林分についてもそれぞれの林分に適した施業体系の作成が可能となる方法を検討する必要がある。

ここでは、収量比数を基準とした上木の間伐予測について、地域林分密度管理図をもとにパソコン用プログラムとして作成した。

〔方法〕

ここで使用している密度管理図は、林野庁編の『南関東・東海地方スギ人工林林分密度管理図』である。また地位別の樹高曲線は東京都林務課作成の『林分密度管理図及び収穫予想表の利用の手引』の地位級曲線理論式を利用した。これらをもとに、パソコンのモニターの指示に従いながら個別の林分の実測データを入力して間伐前後の収量比数を設定すると、平均樹高30mを越えるまでの間伐予測が印刷されるよう作成した。なおプログラム言語は、N88ベーシックである。

〔結果〕

1. データ入力及びプログラムに使用した諸数式について

① 実測データの入力について

入力は、図-1のようにモニターの指示に従って行う。実測データは、上層平均樹高をm単位、平均胸高直径をcm単位、胸高断面積と立木材積はha当たりでそれぞれ m^2 単位と m^3 単位で入力する。林令は地位級曲線理論式から地位を求めるため入力する。間伐時と間伐後のRy(収量比数)は下2桁までで、かつ下2桁が5か0になるよう入力する。入力を完了するとモニターに林分密度管理図の概略図と間伐予測の結果が表示され、これらの結果が図-2のように印刷されて終了する。

② 地位級曲線理論式について

この曲線式は、東京都林務課が三多摩地域のスギ人工林144ヵ所を毎木調査し、得られた測定結果をもとに求められたもので、地位級1から5までの区分でそれぞれ林令10年から80年までの上層木の平均樹高が算出できる。地位級3にあたる修正指数式は

$$H = 25.0696 - 19.2157 \times 0.8479^{(T/5-2)}$$

であり、地位級1から5までの数式は25.0696と19.2157にあたる数値がそれぞれ変化している。プログラム内での使用は、入力された林令から各地位級ごとのHを算出し、入力した上層平均樹高に最も近い数値を示した地位級を、入力した林分の地位級としている。また、図-2の印刷結果にある間伐時の林令は、プログラム内の林分密度管理図から求め

複層林の上木の間伐予測 (樹種すぎ) 適用地域 東京都

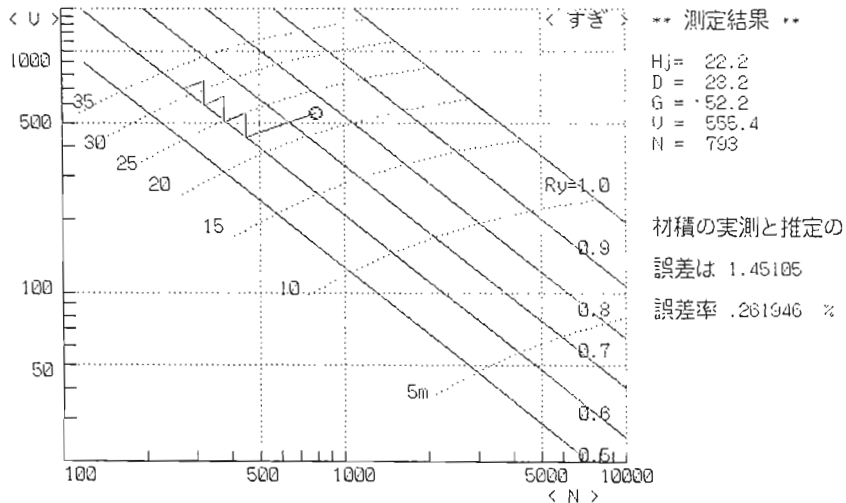
* 上木の H_j 、 D 、 G の測定値を入力しなさい。

上層樹高 (m) ... ? 22.2
 胸高直径 (cm) ... ? 28.2
 胸高断面積 (m^2) ... ? 52.2
 立木材積 (m^3) ... ? 555.4
 立木本数 ... ? 793
 林令 ... ? 40
 間伐時のRy (0.4以上) .. ? .65
 間伐後のRy (0.4以上) .. ? .6

図一1 実測データの入力例

***** 複層林の上木の間伐予測 (樹種すぎ) *****

林令 ..	40 年	地位級 1						
	上層高	胸高直径	断面積	材積	本数	本数間伐率	(Ry)	
実測値	22.2	28.2	52.2	555.4	793			
推定値	22.2	28.218	52.1543	553.949	793		.763329	
Ry = .65 - .6 での間伐予測								
* 1 回目 (林令 40 年)								
間伐前	22.2	28.2	52.2	555.4	793		.76	
間伐木				118.829	345	43.46		
間伐後	22.2	33.6762	41.8935	436.571	448		.6	
* 2 回目 (林令 51 年)								
間伐前	24.8726	35.9458	47.7492	552.841	448		.65	
間伐木				42.532	70	15.63		
間伐後	24.8726	37.7162	44.3074	510.309	378		.6	
* 3 回目 (林令 71 年)								
間伐前	27.8669	40.2425	50.4599	646.215	378		.65	
間伐木				49.7153	59	15.63		
間伐後	27.8669	42.215	46.8056	596.5	319		.6	
* 4 回目 (林令 100 年以上)								
間伐前	31.2216	45.0267	53.2661	755.362	319		.65	
間伐木				58.1128	50	15.63		
間伐後	31.2216	47.2238	49.3915	697.249	269		.6	



図一2 間伐予測の印刷結果の例

た間伐時の上層木の平均樹高と最も近いHが得られるまで曲線式のTを1年ずつ増加させて求めている。なお、地位級5といった生長の劣る場合には、曲線式が林令を増すにしたがって緩やかになり、100年以上経っても上層木の平均樹高が20mに達しないこととなるため、プログラム内で101年を越えると年数の加算処理を中止している。

この方法では、例えば地位級1と2の間で2に近い位置にある林分の場合、地位級は2となり地位級2の曲線式を利用することとなるため、間伐時の林令が若干過令になる。逆に1に近い場合には地位級1の曲線式を利用するため実際よりも若干若い林令が間伐時期として印刷されることとなる。これを改良するには、林分の地位級を求める際に、入力した林分についての曲線式を新たに導き出すことが必要となるので、次年度検討していく予定である。

③ 南関東・東海地方スギ人工林林分密度管理図について

このプログラム作成には昭和56年3月発行の説明書の数式や数値を使用している。説明書によれば、林分密度管理図は平均的な値を示していることから、個々の林分について林分密度管理図にあてはめてみるとかなりの誤差が生じるが、立木材積については、100林分中80林分が±20%以内の誤差率で推定できるとある。さらに実測された平均胸高直径かもしくはH a当たりの胸高断面積と、林分密度管理図からの各々の推定値との誤差の割合で修正すると、誤差率は1/4～1/5に縮小するとされている。しかしこの方法は、立木材積に関してだけであり、胸高直径と胸高断面積の修正についてはそれぞれの誤差率が必要となるため、共通の誤差率による修正が出来ない。このプログラムでは、実測値と林分密度管理図からの推定値の割合（誤差率）を、平均胸高直径、H a当たりの胸高断面積、H a当たりの立木材積について求めるとともに、間伐予測段階での各推定値を各々の誤差率で修正している。この方法が最適か否かについては今後なお検討を要するが、実測値と推定値の誤差率は、間伐予測における各数値にも影響すると考えられるため、長期にわたる収穫調査等の資料を収集して検討していく予定である。

このプログラムでの等収量比数曲線式は、 $Ry = 1$ に当たる最多密度曲線から0.05の区切りで $Ry = 0.4$ まで使用している。このため、測定時点での Ry は林分密度管理図からの推定値をもとに計算で求めているが、間伐予測の場合には等収量比数曲線式にもとづくため、間伐時及び間伐後の Ry を0.40以上で設定する必要がある。なお、説明書には0.05の区切りで等収量比数曲線式の係数(k_1, k_2)が示されているが、例えば Ry を0.73といった下2桁まで任意に設定するためには、各係数(k_1, k_2)と Ry との相関式を求めていく必要があるため、今後改良を加えていく予定である。

2. 複層林の施業体系の作成に向けた検討課題について

このプログラムは、間伐時と間伐後の Ry を基準とした間伐予測システムである。したがって、スギ単純林の間伐予測を行う場合にはこのまま使用可能と考える。しかし、複層林の維持管理のための間伐予測に関しては、単純林とは異なり下木の生長を促すために林内照度を調節する役割が重要となる。このため、間伐後から次回の間伐時までの間の Ry の上昇割合と、林内照度との関係を明らかにしてシステム化しないと、単に Ry だけでの設定では不十分である。さらに、林内照度の変化は単に Ry によって決まるものではなく枝下高や枝張りといった樹冠の生長状態とも関係していると考えられている。このため、引続き林内照度の変化を測定して、上木の生長との関連を解析していく必要がある。

```

メモ及び初期設定
20 H6.1.22 作成 name M0122A by Kenji Mastuo
20 WIDTH 80.25:SCREEN 2.1:CONSOLE 0.25.0.0 :DIM K(13),KK(13)
30 LOCATE 10,0:PRINT "  複層林の上木の間伐予測(樹種すぎ)適用地域 東京都 "
40 LOCATE 10,2:PRINT "  上木の<ヘクターアクリ>の測定値を人力しなさい。"
実測データの入力
50 LOCATE 20,4:INPUT "  上層樹高(m)..." :HJH
60 LOCATE 20,6:INPUT "  胸高直径(cm)..." :D
70 LOCATE 20,8 :INPUT "  胸高断面積(m2)..." :A
80 LOCATE 20,10:INPUT "  立木材積(m3)..." :B
90 LOCATE 20,12:INPUT "  立木本数..." :TOTAL
100 LOCATE 20,14:INPUT "  林令..." :AGE
110 LOCATE 20,18:INPUT "  間伐時のRy(0.4以上)..." :RYST
120 LOCATE 20,18:INPUT "  間伐後のRy(0.4以上)..." :RYET:GOSUB *HS
地位級の算出
130 IF HJH>=(H1+H2)/2 THEN T11=1:GOTO 160
135 IF HJH>=(H2+H3)/2 THEN T11=2:GOTO 160
140 IF HJH>=(H3+H4)/2 THEN T11=3:GOTO 160
145 IF HJH>=(H4+H5)/2 THEN T11=4:GOTO 160
150 IF HJH<(H4+H5)/2 THEN T11=5
等収量比数曲線式の
Ry別の係数
(k1, k2)
160 K(1)=5.3913:K(2)=5.2835:K(3)=5.1552:K(4)=5.0594:K(5)=4.9722:K(6)=4.8907
170 K(7)=4.8131:K(8)=4.7381:K(9)=4.6843:K(10)=4.5907:K(11)=4.5162:K(12)=4.4397:K(13)
:4.3599:*** RY K1=1.0 K2=0.95 K3=0.9 K4=0.85 .k7=0.7 .k9=0.6 .k13=0.40
170 KK(1)=5.9637:KK(2)=5.8241:KK(3)=5.7011:KK(4)=5.5883:KK(5)=5.4818:KK(6)=
5.379:KK(7)=5.2778:KK(8)=5.1767:KK(9)=5.0742:KK(10)=4.9688:KK(11)=4.859:KK(12)=4
.743:KK(13)=4.6185:*** RY kK1=1.0 kK2=0.95 kK3=0.9 kK4=0.85 .kK13=0.40
180 CLS: LO=LOG(10):YVL=LOG(20):YVL=LOG(20):YVL=YVL/LO:YVH=LOG(1500):YVH=YVH/LO
190 WINDOW(2,-YVH)-(4,-YVL):VLEW(40,0)-(480,350)
200 LINE (2,-YVH)-(2,-YVL):LINE(2,-YVL)-(4,-YVL)
210 XL1=LOG(1.1):XL1=XL1/LO:YL1=LOG(1.1):YL1=YL1/LO
220 FOR I=1 TO 8:YV=LOG(20*10*I):YV=YV/LO:LINE (2,-YV)-(2*XL1,-YV):NEXT I
230 FOR I=1 TO 14:YV=LOG(100*100*I):YV=YV/LO:LINE(2,-YV)-(2*XL1,-YV):NEXT I
240 FOR I=1 TO 1:YV=LOG(50*50*I):YV=YV/LO:LINE(2,-YV)-(4,-YV)...&H1111:NEXT I
250 FOR I=1 TO 2:YV=LOG(500*500*I):YV=YV/LO:LINE(2,-YV)-(4,-YV)...&H1111:NEXT I
260 FOR I=1 TO 9:XH=LOG(100*100*I):XH=XH/LO:LINE (XH,-(YVL+YL1))-(XH,-YVL):NEXT I
270 XH=LOG(1000*1000*I):XH=XH/LO:LINE(XH,-(YVL+YL1))-(XH,-YVL):NEXT I
280 FOR I=1 TO 1:XH=LOG(500*500*I):XH=XH/LO:LINE(XH,-YVH)-(XH,-YVL)...&H1111
290 XH=LOG(5000*5000*I):XH=XH/LO:LINE(XH,-YVH)-(XH,-YVL)...&H1111:NEXT I
300 NH=LOG(10000):NL=LOG(120):NH=NH/LO:NL=NL/LO:LOCATE 0,0:PRINT"< v >"
310 LOCATE 0,2:PRINT"1000":LOCATE 1,5:PRINT"500":LOCATE 1,13:PRINT"100":L
OCATE 2,17:PRINT"50":LOCATE 5,22:PRINT"100 500 1000
5000 10000":LOCATE 50,23:PRINT"< n >"
320 VH=5.9637-.9184*NL:VL=5.9637-.9184*NH:LINE(NL,-VH)-(NH,-VL)
330 FOR I=1 TO 5:K=KK(1+2*I):VVL=K-.9184*NH:VVH=K-.9184*NL:LINE(NL,-VVH)-(NH,-VV
L):NEXT I:LOCATE 50,0:PRINT"<すぎ>"
340 LOCATE 50,8:PRINT"Ry=1.0":LOCATE 53,11:PRINT"0.9":LOCATE 53,14:PRINT"0.8":LO
CATE 53,16:PRINT"0.7":LOCATE 53,19:PRINT"0.6":LOCATE 53,21:PRINT"0.5"
350 FOR I=5 TO 35 STEP 5:Q1=0:Q5=0:Q3=0:Q4=0:H=LOG(I):H=H/LO
360 FOR JX=0 TO 8:K=K(JX*2+1):KK=KK(JX*2+1):GOSUB *HURVE:NEXT JX:NEXT I
370 LOCATE 6,4:PRINT"35":LOCATE 7,8:PRINT"30":LOCATE 10,7:PRINT"25":LOCATE 13,8:
PRINT"20":LOCATE 18,10:PRINT"15":LOCATE 25,13:PRINT"10":LOCATE 37,18:PRINT"5m"
380 V=LOG(B):N=LOG(TOTAL):V=V/LO:N=N/LO:C=LOG(1.05):C=C/LO:CIRCLE (N,-V),C
390 LOCATE 80,0:PRINT"*** 測定結果 ***":LOCATE 60,2:PRINT"HJ=":HJH:LOCATE 60,3:PR
INT"D=":D:LOCATE 60,4:PRINT"G=":A:LOCATE 60,5:PRINT"V=":B:LOCATE 60,6
:PRINT"N=":TOTAL:G=A:V=B:N=TOTAL:H=HJH:HJ=H:DJ=D:GJ=G:VJ=V:NJ=N
410 LPRINT "***** 複層林の上木の間伐予測(樹種すぎ)*****":GOSUB *X1
420 LPRINT:LPRINT "林令..." :AGE:"年":TAB(40):"地位級..." :T11:PRINT
430 LPRINT SPC(10):"上層高":TAB(20):"胸高直径":TAB(30):"断面積":TAB(42):"材積":T
AB(51):"本数":TAB(60):"本数間伐率":TAB(73):"(Ry)"
440 LPRINT "実測値":TAB(10):H:TAB(20):D:TAB(30):G:TAB(40):V:TAB(50):N
450 LPRINT "推定値":TAB(10):H:TAB(20):DK:TAB(30):GK:TAB(40):VK:TAB(50):N:TAB(70)
:RY:LPRINT: DGP=D/DK:GPP=G/GK:VGP=V/VK
480 LOCATE 80,10:PRINT"材積の実測と推定の"LOCATE 60,12:PRINT"誤差は":V-VK
470 LOCATE 80,14:PRINT"誤差率:((V-VK)/VK)*100.%"
480 V2=LOG(VK):N2=LOG(TOTAL):V2=V2/LO:N2=N2/LO:C=LOG(1.05):C=C/LO
490 CIRCLE (N2,-V2),C:C=LOG(1.08)/LO:CIRCLE (N,-V2),C
500 LPRINT "RY=" :RYST:" :RYET:" の間伐予測:"B=1:RY=RY*1000:RY=RYX/1000
510 IF H>30 THEN GOTO 520 ELSE GOSUB *X2 :GOTO 510
520 LPRINT: COPY 3:CLS 3:LOCATE 40,20:PRINT"***** 終了*****":END
530 *HS: HSA=.8479 (AGE/5-2)
540 H1=31.0863-23.8276*HSA:H2=28.0783-21.5216*HSA:H3=25.0696-19.2157*HSA
550 H4=22.0612-16.9098*HSA:H5=19.0529-14.6039*HSA:RETURN
560 *HURVE:Q3=K-1.49491:H:Q4=KK-.9184*Q3:IF K<(1) THEN Q1=Q3:Q5=Q4:RETURN
570 LINE(Q1,-Q5)-(Q3,-Q4)...&H1111:Q1=Q3:Q5=Q4:RETURN
580 *X1:VK=(((.0822494*H^-1.37292)+(3681.6*H^-2.86783)/N)^-1
HF=.808545+.402345*H+.140882*(SQR(N)*H)/100:GK=VK/HF
DK=((-.000379+.981298*200*(SQR(GK)/(3.14159*N)))-.028497*SQR(N))*H/100
810 HH=LOG(H):HH=HH/LO:NRF=5.39131-1.49491*HH:NRF=10/NRF
820 VRF=((.0822494*H^-1.37292)+(3681.6*H^-2.86783)/NRF)^-1:RY=VK/VRF:RETURN
830 *X3:HH=LOG(H):HH=HH/LO:NRY=KKK2-1.49491*HH:N=10/NRY:RETURN
840 *X4:NN=LOG(N):NN=NN/LO:HK=(KKK1-NN)/1.49491:H=10/HK:RETURN
850 *X2:Q8=0:A=RY-RYST:KKK1=K(INT((1-RYST)/.05)+.5)+1:
KKK2=K(INT((1-RYET)/.05)+.5)+1
IF A<0 AND B=1 THEN B=B-1:Q8=1:GOTO 880 ELSE B=B-1:GOTO 860
860 GOSUB *X4:GOSUB *X1:GOSUB *X6:GOSUB *X8:GOSUB *X9:GOSUB *X5:GOSUB *X3
870 GOSUB *X1:B=B-1:GOSUB *X6:GOSUB *X7:GOSUB *X10:GOSUB *X5:B=B-1:RETURN
880 VK=V:GK=G:DK=D:GOSUB *X9:GOSUB *X5:GOSUB *X3:GOSUB *X1
890 GOSUB *X8:GOSUB *X7:GOSUB *X10:GOSUB *X5:RETURN
900 *X5:V=VK:G=GK:D=DK:NK=N:RETURN
910 *X7:IF B=2 THEN LINE(N2,-V2)-(NN,-VVK):RETURN
920 NNK=LOG(NK):NNK=NNK/LO:LINE(NNK,-VV)-(NN,-VVK):RETURN
930 *X6:VV=LOG(V):VVK=LOG(VK):VV=VV/LO:VVK=VVK/LO:NN=LOG(N):NN=NN/LO:RETURN
940 *X8:IF B=2 THEN LINE(N2,-V2)-(NN,-VVK):RETURN
950 LINE(NN,-VV)-(NN,-VVK):RETURN
960 *X9:GOSUB *RINS:LPRINT "*" :B-1:"回目(林令)":IF AGE>100 THEN LPRINT "1
00年以上)" ELSE LPRINT AGE:"年)"
770 RYX=RY*100:RY=RYX/100:IF Q8=1 THEN LPRINT "間伐前":TAB(10):H:TAB(20):DK:TAB(3
0):GK:TAB(40):VK:TAB(50):INT(N*.5):TAB(70):RY:RETURN
780 LPRINT "間伐前":TAB(10):H:TAB(20):DK*GPP:TAB(30):GK*GPP:TAB(40):VK*VGP:TAB(5
0):INT(N*.5):TAB(70):RY:RETURN
790 *X10:RYX=RY*100:RY=RYX/100:FX=10000*((NK-N)/NK):F=FX/100
800 IF Q8=1 THEN LPRINT "間伐後":TAB(40):V*VGP-VK*VGP:TAB(50):INT((NK-N)+.5):TAB(60)
:F:GOTO 820
810 LPRINT "間伐後":TAB(40):V*VGP-VK*VGP:TAB(50):INT((NK-N)+.5):TAB(60):F
820 LPRINT "間伐後":TAB(10):H:TAB(20):DK*GPP:TAB(30):GK*GPP:TAB(40):VK*VGP:TAB(5
0):INT(N*.5):TAB(70):RY:LPRINT:RETURN
830 *RINS:IF Q8=1 THEN RETURN
840 GOSUB *HS:IF T11=1 THEN HQ=H1 ELSE IF T11=2 THEN HQ=H2
850 IF T11=3 THEN HQ=H3 ELSE IF T11=4 THEN HQ=H4
860 IF T11=5 THEN HQ=H5
870 IF AGE>100 THEN RETURN ELSE IF 0<(H-HQ) THEN RETURN
880 IF 0<(H-HQ) THEN AGE=AGE+1:GOTO 840 ELSE RETURN

```

図-3 プログラムリストおよび概略説明