

## チェーンソーの遠隔操作装置に関する基礎的研究( I )

伏見 知道\*・梶川 嘉徳\*

### The basic research for the study of the device to control remotely a chainsaw( I )

Tomomichi FUSHIMI\* and Yoshinori KAJIKAWA\*

**Summary :** In order to protect the operative from the injurious vibration to one's health, several systems that control remotely the chainsaw during felling work were devised. Testing three types (Rinki, Kochi and Osaka) of the remote control system with chainsaw, the authors examined their structure, operational technique, and anti-vibration characteristic. This system is attached to a chainsaw and sets on the base fixed to a standing tree, and the only cutting process can be operated by remote control.

The operative must repeats the direct control by hand and the remote control several times, and during felling a tree the operative is required to do about twenty-five steps and thirty unit-operations.

The operative, therefore, can not get the efficient operation by this remote control system without attaining skill.

The injurious vibration was remarkably decreased. After all, this type is one example at a transition stage till the remote control chainsaw will be mechanized to higher level than the level of these tested types. Authors expressed the fundamental solution for the mechanization of the felling work, considering the practical application of the remote control chainsaw.

**要 旨** チェンソーハンドル部の有害振動から、作業を守るために、チェーンソーのリモートコントロール架台が開発された。そのうち三種について、構造、操作性および防振性能を検討した。振動はかなり著しい減衰を示しているのだが、1回の伐倒作業において、人力による直接操作と間接操作を、数回繰り返す必要があり、作業能率を高めるためには、熟練が必要である。また、遠隔操作の程度が低次元にとどまっているので、部材の材質を含めた構造、機構および保守管理について、検討する必要がある。今回は、リモートコントロールチェーンソーの実現に必要な、伐倒作業の機械化におけるレベルの向上に関する、基礎的考え方を提示した。

### I. は じ め に

チェーンソーのリモートコントロール架台(以下、リモコン架台と呼ぶ)は、従来の防振型チェーンソーハンドル部

---

\* 森林工学研究室 Laboratory of Forest Engineering

に残る有害振動から、作業を守るために開発されたもので、チェーンソーを遠隔的に操作して、立木を伐倒する装置である。

リモコン架台は、まず、伐倒しようとする立木の根元に、フックや固定用スパイクを使って、架台の固定部を固定し、その上にチェーンソー支持部を固定し、チェーンソー本体を取り付ける。支持部には、チェーンソーの位置を調節するための機構があり、受口底部、受口屋根及び追口のそれぞれの切削面に対して、チェーンソーの位置を調節し固定するのである。架台上に支持されたチェーンソーは、旋回運動と直線運動、あるいはそれらの複合運動が可能で、チェーンソーは、ワイヤーロープ等によって連結された操作ハンドルによって、操作されるのが普通である。この場合、チェーンソーは、架台によって支持されているから、発生する振動の大部分は架台から立木へ分散伝播され、使用チェーンソーが防振型であると否とに関係なく、作業者に伝達される振動は、ごく微弱である。だが、架台重（5～6 kg）を加えた運搬重量の増加と、架台の固定やチェーンソー位置の変更・調節操作の煩わしさのために、伐倒作業の能率が著しく低下している。

公表されているリモコン架台には、次のようなものがある。

- (1) 東京式<sup>1)</sup> (東京営林局)
- (2) 林機式<sup>2)</sup> (フォレストエンジニアリング)
- (3) 長野式<sup>3)</sup> (長野営林局)
- (4) 静岡式<sup>4)</sup> (林災協静岡支部)
- (5) 大阪式<sup>5)</sup> (大阪営林局・愛林興業KK)
- (6) 高知式<sup>6)</sup> (高知営林局)
- (7) 熊本式<sup>7) 8)</sup> (熊本営林局)

ここでは、高知式、大阪式、林機式の三者の構造・操作性および防振性能を比較し、現用リモコン架台の問題点を明らかにするとともに、伐倒作業の機械化の高度化を実現するのに必要な、基礎的思考方法を示したので報告する。

## II リモコン架台の構造と操作

### 1. 機構

三種の架台の主要機構をモデル的に図示し考察する。

#### 1) 高知式リモコン架台 (図-1)

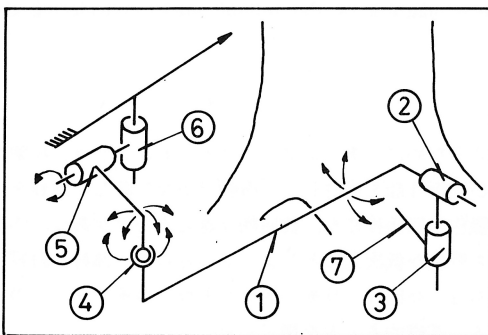


図-1 高知式リモコン架台の機構  
Fig.1 Mechanism of the remote control system of chainsaw (Kochi type)

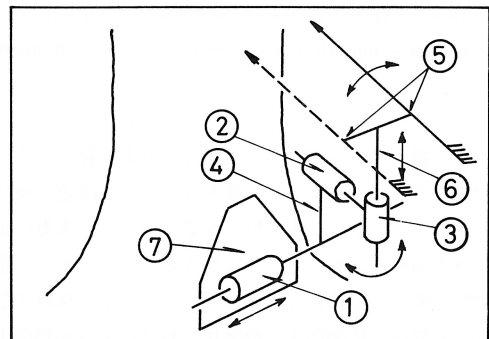


図-2 林機式リモコン架台の機構  
Fig.2 Mechanism of the remote control system of chainsaw (Rinki type)

- |               |           |
|---------------|-----------|
| ①メインアーム,      | ②セクタ      |
| ③差し込みテーパシャフト, | ④ボールジョイント |

- ⑤回転プーリーホルダー、                      ⑥回転プーリー
- ⑦固定フック

自由度 { 直接操作について…………… 6  
           { 間接操作について…………… 1

全ての節が回転節であり、構造的に無駄が無い。②と④はレバー操作により調節固定される。また、⑤はノックピンにより、③はネジによって調節される。

2) 林機式リモコン架台 (図-2)

- ①固定枠、                      ②傾斜用軸、                      ③旋回軸受け
- ④架台本体、                  ⑤ソケット、                      ⑥旋回軸、
- ⑦固定プレート

自由度 { 直接操作について…………… 3  
           { 間接操作について…………… 1

極めて単純簡略化されているため、かえって、操作しにくい機構である。⑦の固定プレートの固定は、ワッシャー類の補助が必要で、取り付け方向によって、伐倒方向が決定される。①はチョウネジ、②はノックピン、⑤はノックピンとソケットによって、それぞれ調節固定される。⑥は段差用軸受けによって、2段階に調節できる。

3) 大阪式リモコン架台 (図-3)

- ①スライドヨーク固定部
- ②スライドヨーク
- ③スライドボックス
- ④メインシャフト
- ⑤ユニバーサルボール
- ⑥スラストベアリング
- ⑦ベース、                      ⑧固定フック

自由度 { 直接操作について…………… 7  
           { 間接操作について…………… 1

三機種中、直接操作の自由度が最も高いけれども、機構が複雑すぎて、操作が煩雑である。④と⑦は重複しており、⑦は不用と思われる。⑤と⑥が直列的に配置されており、⑥の首振り運動によるチェンソーの位置の変化量が不明確であり、受口切削には熟練が必要である。

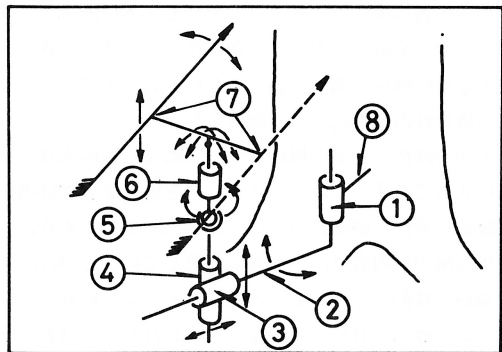


図-3 大阪式リモコン架台の機構  
 Fig.3 Mechanism of the remote control system of chainsaw (Osaka type)

2. 構造

架台を、チェンソー取り付け部、架台の固定部および軸受の三部に分けて、構造の考察を行なう。

1) チェンソー取り付け部

高知式は、チェンソー本体にフックボルトを掛け、チェンソープーリーに固定するので、ソーチェンの張りの調節には、チェンソーを取り外さなければならない。他の二機種も、ガイドバー固定用ボルトを利用しているため、やはり、ソーチェンの張りの調節には、取り付け金具を取り外さなければならない。

また、三方式とも、チェンソーとリモコン架台が直結されていて、その間に振動吸収機構が無く、防振型チェンソーを使用しても意味がない。特に、大阪式は取り付けボルト・ナットに応力が集中し易い構造であるが、これは、各種チェンソーに対する汎用性を考えているので、やむを得ないであろう。

2) リモコン架台の固定部

リモコン架台の立木への固定部は、高知式と大阪式がフック型、林機式はスパイク型である。スパイク型は1～2本のスパイクを打ち込み固定するもので、確実性が高い。しかし、スパイクは、打ち込みに大型ハンマーを、引き抜きにはラチェットレンチを使用しなければならないから、重量負担の増と操作の煩雑さを余儀なくされる。大阪式は、ラチェット機構を持つスライドフックにより、締め付け作業が迅速に行なえるから、最も操作性が良い。

高知式は、レバー締め付け型のフックで、スライドフックの位置を調節する操作にや、時間がかかる。取り外しは、高知式も大阪式と同様に良好である。

だが、林機式はスパイクの長さで補助用ワッシャー類の寸法に限界があり、大阪式と高知式は2本のフックによる2点固定構造であるため、三機種とも、根張り部のような不整形部へ固定する場合は、確実性がや、低下する点に問題がある。

### 3) 各部の軸受け構造

リモコン架台の旋回軸は、切削中チエンソーの激しい振動を受けながら、滑らかな作動を要求される。この点、高知式と大阪式はボールベアリングを使用し、それなりの配慮が見られる。これに対し、林機式は平軸受けであり、軸と軸受けの隙間が0.2~0.3mmあるので、振動による軸と軸受け内壁の衝突のため、表面に異常摩耗の跡が認められるに至っている。摩耗が進行すれば、遊びが増大し、衝撃的荷重も増大し、各部に悪い影響を与えるであろう。

### 3. 操作性

各使用書に従って、リモコン架台を立木に固定し、伐倒後、リモコン架台を取り外すまでの各操作ステップと、各ステップを構成する単位操作を調べ、表-1ないし表-4に示し、リモコン架台の操作性の難易について検討した。

1回の伐倒に必要な操作ステップ数は、大阪式26、林機式25、高知式24である。これらのステップを構成する単位操作の合計は、大阪式37単位、林機式34単位、高知式33単位である。

単位操作の内容で、三機種に共通しているものは、手による位置調節・移動(D)…6~10単位、エンジン始動(P)…3単位、エンジン停止(B)…3単位、クサビ打ち込み(K)…1単位である。これは、受け口屋根、受け口底および追口の各切削面に対して、チエンソーの位置を調節しなければならないのであるが、その都度、チエンソーを取り外すか、エンジンを停止しなければならないため、手動による操作が必要となるからである。

以上のように、三者間に、操作性についての明確な差は認められない。その中で、高知式が、操作ステップ数および単位操作数とも、最も少ないけれども、レバー操作が多い点が目立つ。大阪式では、ネジの操作が多い。一方、林機式では、各種の操作によって構成されるが、ハンマーやラチェット等の工具を必要とする作業が含まれる点が特色である。

## III 防振効果

マッカラ-CP70型チエンソーを取り付けた林機式リモコン架台の操作ハンドル部における振動加速度を測定・分析し、防振効果を検討した。

空転時における機関回転数に対する加速度の変化を比較すると図-4のとおりである。三直角方向のベクトル合成値で示しているが、リモコン架台のハンドル部では、最大 $10\text{m/s}^2$ 程度で、同一チエンソーを装着したグリップカット架台の値より、はるかに低く、三浦の許容基準に対して、各回転数において、十分安全であることを示している。

次に、スロットル側の操作レバーにおける、空転時振動加速度の周波数分析結果を見ると、図-5のとおりであ

表-1 高知式の操作ステップ

	操作ステップ	単位操作
1	固定スパイク取り付け	R
2	チエンソー登載	U
3	チエンソー反転	N・D
4	アーム固定	S・D
5	セクトルストッパーセット	R・D
6	ユニバーサルボール固定	R・D
7	エンジン始動	P
8	切削	R
9	エンジン停止	B
10	チエンソー傾斜	N・D
11	ボールジョイントセット	R・D
12	セクトルストッパーセット	R・D
13	エンジン始動	P
14	切削	R
15	エンジン停止	B
16	チエンソー反転	N・D
17	ボールジョイントセット	R・D
18	セクトルストッパーセット	R・D
19	エンジン始動	P
20	切削	R
21	エンジン停止	B
22	クサビ打ち込み	K
23	チエンソー取り外し	U
24	固定スパイク取り外し	R

表-2 林機式の操作ステップ

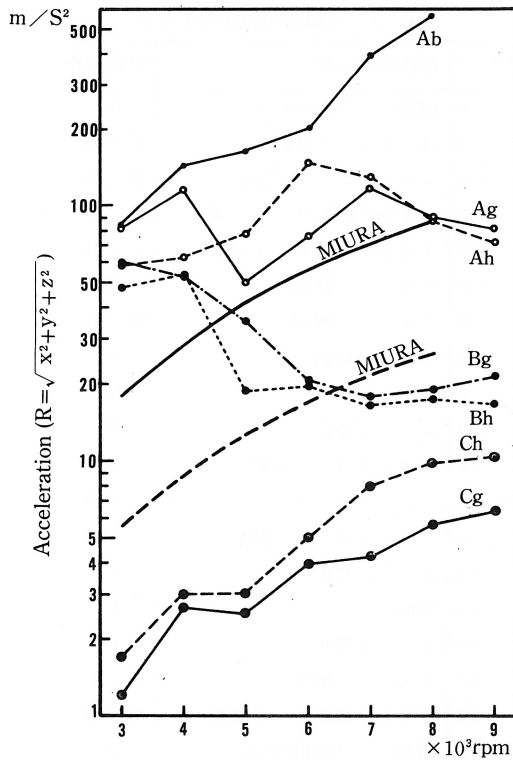
	操作ステップ	単位操作
1	固定プレート取り付け	H・R <sub>s</sub>
2	本体セット	S・D
3	旋回軸とブラケットをセット	N・C
4	チエンソー登載	U
5	チエンソー傾斜	N・D
6	エンジン始動	P
7	切削	R
8	エンジン停止	B
9	チエンソーを水平にセット	N・D
10	エンジン始動	P
11	切削	R
12	エンジン停止	B
13	チエンソー取り外し	U
14	補助軸セット	D
15	ソケット取り外し	N・C
16	ソケット差し替え	N・C
17	チエンソー登載	U
18	つる調整	S・D
19	エンジン始動	P
20	切削	R
21	エンジン停止	B
22	クサビ打ち込み	K
23	チエンソー取り外し	U
24	本体取り外し	S・D
25	固定プレート取り外し	R <sub>s</sub>

表-3 大阪式の操作ステップ

	操作ステップ	単位操作
1	固定フック取り付け	R
2	スライドヨーク固定	S・D
3	スライドボックス固定	S・D
4	ワイヤー固定ヨークの固定	S・D
5	メインシャフトを上げる	S・D
6	チエンソー登載	U
7	チエンソー傾斜	S・D
8	エンジン始動	P
9	切削	R
10	エンジン停止	B
11	スライドヨーク移動	S・D
12	メンシャフトを下げる	S・D
13	スライドボックス移動	S・D
14	エンジン始動	P
15	切削	R
16	エンジン停止	B
17	チエンソー取り外し	U・F
18	ワイヤー固定ヨーク移動	S・D
19	補助ベースの取り付け	D
20	チエンソー登載	U
21	エンジン始動	P
22	切削	R
23	エンジン停止	B
24	クサビ打ち込み	K
25	チエンソー取り外し	U・F
26	架台取り外し	R

表-4 単位操作の構成比較

記号	単位操作	高知林機大阪		
		式	式	式
D	手による位置の調節・移動など	10	6	10
R	レバー操作	11	3	5
S	ネジの操作	1	3	9
U	チエンソーの持ち上げ操作	1	4	4
P	エンジン始動	3	3	3
B	エンジン停止	3	3	3
K	クサビ打ち込み	1	1	1
G	ハンドル操作	0	0	0
H	ハンマーによる作業	0	1	0
N	ノックピンの操作	3	5	0
F	固定フックの操作	0	0	2
C	ソケットの差し込み取り外し操作	0	3	0
R <sub>s</sub>	ラチェットレンチによる作業	0	2	0
合 計		33	34	37



A: chainsaw CP 70, b: Bottom of chainsaw  
 B: Multi-isolated, stand with chainsaw CP 70  
 C: Rinki type of the remote control system with CP70, h: Handlebar, g: Handle grip  
 図-4 チェンソーリモコン架台ハンドル部の振動加速度と機関回転数

Fig.4 The relation between the engine speed and the vibration at handle of the remote control system of chainsaw

る。三直角方向の最大値を示し、ISOの暫定暴露限界と比較している。4000~6000rpmでは、基本波ならびに高調波のレベルが高く、 $1 \text{ m/s}^2$ を越えているが、1.6KHz以上の高周波数成分は著しく弱くなっている。これに対し9000rpmでは、基本波より高調波成分、特に630Hzを中心とする成分が著しく優勢で、やゝ趣を異にしている。

しかし、いずれの回転数においても、ISOの限界に照らし、十分な安全な範囲に入っている。さらに、スロットル側の操作レバーにおける木材切削時振動加速度の周波数分析結果を図-6に示す。切削中8000~8500rpmにおける三直角方向の最大値を図示している。

まず、スギ生材(含水率65.5%)の切削では、基本波を含む125~200Hz帯が、 $2 \text{ m/s}^2$ 前後のレベルに上昇しているが、空転8000rpmのそれと大差ない。だが、2分1および4分1調波、あるいは高調波帯域では、空転時のレベルよりやゝ上昇している。ついで、モミの気乾材の切削では、基本波が $4 \text{ m/s}^2$ 近くまで上昇し、2分1および4分1調波、あるいは630Hzを中心とする成分のレベルもかなり上昇している。しかし、いずれもISO基準に照らし、十分な安全な範囲にとどまっている。

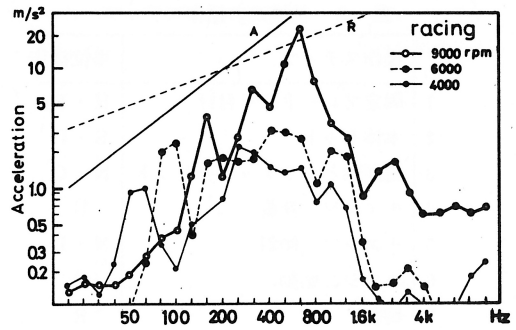


図-5 林機式リモコン架台 (CP 70 付) のスロットル付ハンドルにおける空転時振動特性 (スロットル付ハンドル部)

Fig.5 vibration characteristics at the handle with throttle on Rinki type of the remote control system with chainsaw CP 70 during racing

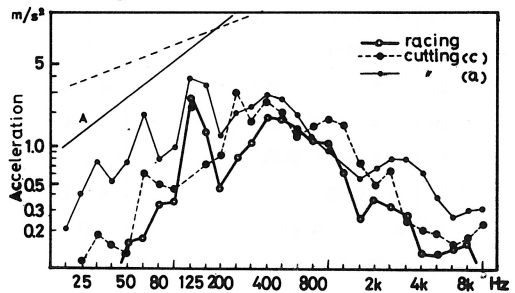


図-6 林機式リモコン架台 (CP 70 付) のスロットル付ハンドルにおける木材切削時振動特性 (スロットル付ハンドル部)

Fig.6 Vibration characteristics at the handle with throttle on Rinki type of the remote control system with chainsaw CP 70 during cutting

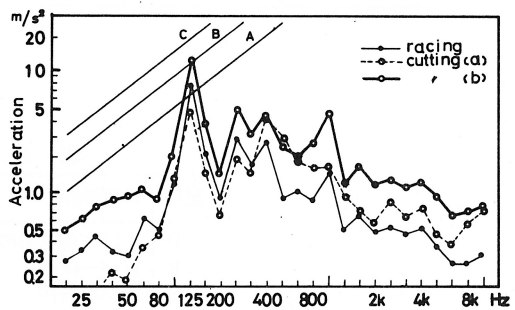


図-7 林機式リモコン架台 (CP 70 付) のスロットルなしハンドルにおける木材切削時振動特性 (スロットルなしハンドル部)

Fig.7 Vibration characteristics at the handle without throttle on Rinki type of the remote control system with chainsaw CP 70

一方、スロットルのない側の操作レバーでは、図-7に示すようにモミの気乾材切削時は、基本波が突出し高調波の山も明瞭であるのに対し、低調波のレベルは不明確である。特に、切削の前半では、後半のそれに比べて全体にレベルの上昇が著しく、基本波のレベルは $12\text{ m/s}^2$ に達し、ISOの基準も越えている。

以上のように、リモコン架台の操作レバーにおける振動は、防振型チェンソーのハンドル部振動に比べても著しく減衰しているのであるが、切削抵抗の大きい木材を切削する場合には、操作レバーによっては、かなり大きな値の振動成分が伝播され、有害な成分となって残る恐れがあることを示している。これは、リモコン架台がチェンソー本体に直結されるため、チェンソーの防振ハンドルの装置の効果があらわれず、このような場合も生ずることを示すものである。したがって、リモコン架台についても、何らかの防振装置を考えるとともに、目立て等に十分注意したうえ間欠暴露作業の原則を守るように努めることが肝要である。

#### IV 伐倒作業の機械化とリモコン架台

伐倒作業の機械化におけるリモコン架台の現状と窮極の姿について、基礎的考察を示す。

##### 1. 機械化のレベル

一般的に、ある作業を完結するためには、逐次的に行なう何段階かの動作が必要である。それらの動作を、機械的にどのように制御するかによって、その作業全体の機械化のレベルが変わってくる。このような、作業に伴う制御の実施を基本的ステップによって示すと、図-8のとおりである。

各ステップの機能

- (1)認識：対象状態を情報化し貯える。
- (2)作業命令：作業主体から要求状態を与える。
- (3)判断：認識による情報と要求状態を比較し、両者の“差”を識別する。
- (4)命令処理：“差”を無くするような制御命令を作り、発信する。
- (5)間接制御：制御命令を変換または増幅する。
- (6)制御：エネルギーの形態・量等を制御命令に従って制御する。
- (7)エネルギー源：エネルギーの発生
- (8)伝達：制御されたエネルギーを対象状態へ伝える。
- (9)対象状態：作業対象や制御対象の状態

これらの各ステップの機能を、どのような機能によって構成するかにより、機械化のレベルが決定される。そこで、制御ステップの中に人間の機能が関与する程度によって、機械化のレベルを表-5のように分類し、そのレベルと作業能力の関係について述べる。

レベルが、「I」から「IV」に進むにつれて、有限の人間機能に替わって、より高い機能が関与し、作業能力を向上させる。したがって、制御ステップの構成を、人間の機能から他の機能に置き換えている割合が高い方が、

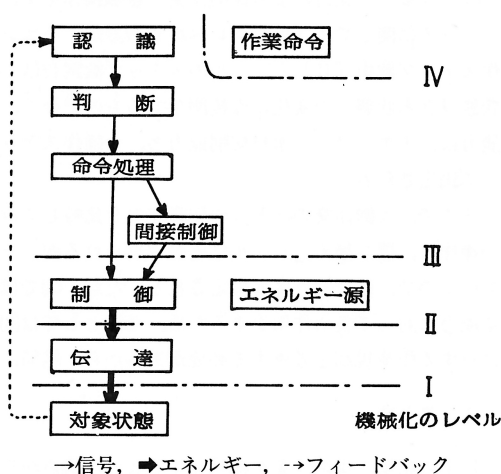


図-8 制御ステップ  
Fig.8 Controlling step of mechanism

表-5 機械化のレベル

レベル	要 点
I	「認識」から「伝達」までのステップを「人間の機能」により行ない、かつ「制御に必要なエネルギー」をすべて人間が負担する。
II	「認識」から「制御」までのステップを「人間の機能」により、「伝達」を他の機能によって行なう。「I」に比べて、対象状態の変化へのエネルギーの変換効率が高い。
III	「認識」から「間接制御」までのステップを「人間の機能」により、その他は、外の機能によって行なう。制御に必要なエネルギーは、「エネルギー源」から供給される。
IV	人間は「作業命令」を行ない、その他の全てを他の機能によって行なう。制御のため情報処理や命令処理に、人間を必要としない。

作業能力の限界をより高くできる可能性がある。また、置き換えに要する費用と、置き換えによる作業能力の向上によって上昇する収益との比率によって、置き換えの経済性が判断され、実用化の指針ができる。

それゆえ、機能の置き換えの割合と、それによる機能の限界、および経済性を知ることによって、作業能力と実用性を推定できる。

## 2. 機械化のレベルからみた伐倒作業

機械化のレベルに照らして、各種伐倒作業法の作業能力を推定比較してみる。

(1) 手作業による伐倒：手鋸あるいは斧による作業では、「II」のレベルであり、その作業能力は、主にエネルギー源としての人間の能力と、工具の木材切削能力により決まる。

(2) 動力鋸による伐倒作業：チェーンソー類による作業は、「III」のレベルであるが、ハンドル部操作に関しては、「II」のレベルであって、その作業能力は、主にチェーンソーの木材切削能力によって決まる。

(3) リモコン架台による伐倒作業：遠隔操作を受けるガイドバーの旋回運動、スロットルおよびイグニッションスイッチに関しては「III」のレベルであるが、チェーンソーの位置決め操作に関しては「II」のレベルである。全操作ステップ数中、「II」のレベルのステップ数割合は、調査した三機種で平均で76%である。これらの操作は、対象状態（立木状態）の変化に直接関与するものでなく、間接的にチェーンソーの位置を調節するだけであるから、作業能力は、チェーンソーの木材切削能力と、全操作ステップ数中76%を占める「II」のレベルの操作に要する時間によって決定される。

そこで、伐倒作業の(2)と(3)の作業能力を比較してみる。(2)と(3)では、木材切削（対象状態の変化）を行なうための操作は、置き換えのレベルに差が認められるが、その作業能力は、ともにチェーンソーの木材切削能力で決定されているので、ほぼ同程度と推定される。だが、(3)では、レベル「III」の操作に付帯するレベル「II」の操作が、作業能力に対して負の作用をするため、全体としては(3)より(2)の方が、作業能力が高いと言える。ただし、振動障害に対する作業規制を考慮する必要があるので、結局、1日1人当りの作業能力は(3)の方が高くなる。

## 3. まとめ

以上の結果、伐倒作業を機械化するという観点から、チェーンソー遠隔操作装置の作業能力を高めるためには、レベル「II」の作業を排除するとともに、経済性も十分考慮されねばならないことが明らかになった。

## V おわりに

市販のチェーンソー用リモコン架台三機種について、その構造、操作性および防振性能を検討した。リモコン架台はチェーンソーハンドル部に伝播される有害振動を絶縁するため、遠隔的に操作しようとするものであるが、完全なものではない。すなわち、リモコン架台操作ハンドル部の振動は、ISOの規準に照らして、ほぼ安全な範囲に入っているが、部位によっては、木材切削時になお、有害な成分が認められるので、防振装置の組み合わせが望まれる。また、これら架台は、現用チェーンソーに対する汎用性を前提にしているため、全体のバランスを考えた設計を行なうことができない結果、チェーンソー取り付け部に問題が現われている例がある。

使用に際しては、チェーンソーの旋回による切削操作だけが、遠隔操作されるので、人間の直接操作によるチェーンソー位置の調節作業と分断されているため、直接操作と間接操作を反復せざるを得なくなり、24～26のステップと33～37の単位操作が必要であって、熟練しないと作業能率を高めることは難しい。

したがって、これらリモコン架台は、あくまでも、真の遠隔操作チェーンソー開発への、過渡段階の装置であるといえよう。

## 引用文献

- 1) 谷田部英雄：東京式リモコンチェーンソーの開発について、昭和52年度業務研究発表集（東京営林局），195～206
- 2) 林機式リモコンチェーンソー取扱説明書



- 3) 営林局技術開発プロジェクトチーム：リモコン伐倒機の開発について，昭和52年度技術開発研究発表集（長野営林局），133～139
- 4) 加藤真一：静岡式チェンソーリモコン装置の開発について，林材安全，366号，11～15，1979
- 5) 堀山庄次：大阪式リモコンチェンソー架台の開発．昭和52年度林業技術発表集（大阪営林局）275～288；大阪式リモコンチェンソー架台取扱説明
- 6) 鍋島健一・松村徳喜：チェンソーを使用したリモコン式伐倒機について，昭和50年度国有林野事業に関する技術開発研究考案発表集（高知営林局），172～176；昭和50年度国有林技術研究発表集，131～137；高知式リモコンチェンソー（伐倒機）取扱い説明書
- 7) 松田武徳・東正：C，S定置遠隔操作による伐倒方法について．昭和50年度業務研究発表集（熊本営林局）245～247；横尾進：伐倒における無振動チェンソーの考案について，昭和51年度業務研究発表集，149～150
- 8) 兵頭正明：伐倒作業リモコン化構想，暖帯林，371号，34～39；373号，23～33，1977

(1980年8月29日受理)