

# 技術予測とその手法

## 1. はじめに

経済学の歴史での「ほどよい時代」は終わろうとしている。ポールディングの意見にもあるように今や成長の要素は技術ノウハウ、エネルギーおよび原材料に変わりつつある。「技術の使命」とその社会・経済、その他による評価はますます重要な課題となりつつある。技術予測を考える上で、まず対象となる技術に対する最近の考え方を明確にしなければならないように思える。

技術の事前評価や使命型の技術開発がなかった時代は、技術突破は、技術変化であった。技術を評価する社会・経済的尺度によって、技術突破は技術進歩となった。つぎに、一つの技術が陳腐化する時間は、ちょうど新しい技術が達成される時間に等しい、ということから、「技術の達成期間」が問題となる。技術達成期間の加速度化が関連技術のシステム化によって成し遂げられつつある。このシステム化・システム合成には、「技術革新の構造」を知ることが大切である。技術は、つぎつぎに新技術として関連、推移し、大きな樹木として体系化されていく。そのため、一つの技術が遷移する系やこの相互関係、関連性、誘発関係などを知ることが重要である。十分な評価なしに技術突破されたものは、社会的、経済的失効のみならず損失を伴う。このため、今後は使命開発型の成果のみがこれを避ける唯一のアプローチとなる。

## 2. 技術の達成期間

### 2.1 技術が完成するまで

技術は、自然法則の発見にはじまり、多くの自然法則の補完によって、技術の概念が設定される。従来この技術概念の設定は、人間、自然、社会との調和にもとづくものではなく、技術の壁の突破や投資の対象として個々別々に発展したものである。技術概念の設定は下敷きをこすってゴミを吸取するという静電気の法則から、ゼロックス複写機の機能を着想するといったことを意味する。技術概念の設定に、技術に要求される条件を組込むとこれが「技術目標」となる。つぎは、技術目標の達成過程にある未解決な技術の壁の突破の方法とこれに到る努力を「開発」といつている。こうして完成された技術は、製品やサービスという具体的形で普及していく。この全過程を技術革新・イノベーションといつている。イノベーションには、概念の設定から目的指向でなければならない。自然法則の発見や開発途中で派生する法則性は、必ずしも目的指向ではないかも知れない。

### 2.2 技術にとっての10年

科学、技術は、かつては発見され応用されるものであった。今では、計画的に造り出すものである。かぐや姫の月は、荒寥とした砂地として現実化している。技術が、1) どのような概念で設定され、2) どのような技術革新の構造で具体化され、3) 何年で達成されるか、興味ある予測のテーマである。「技術を注文によって達成させる」と

表1 技術の達成期間

	最初の 概念設定	完成	達成年数
ゼロックス	1932年	1959年	22年
磁気フェライト	1933年	1955年	22年
I/O表(産業連関表)	1936年	1964年	28年
ビデオ・テープレコーダー	1950年	1956年	6年
経口避妊剤	1951年	1960年	9年
ボーイング747	1963年	1968年	5年
ジャンボジェット機	1963年	1968年	5年
月世界到達	1961年	1969年	8年

いう社会システムを完成させたのは米国である。この偉大な事業は、実は技術革新の体系を研究し、そこに存在する法則性をつかむことによって成し遂げられたといっても過言ではない。このため、技術進歩の達成年数はだんだん短くなっていく。表1は、いろいろな科学技術が概念設定されてから完成されるまでの達成年数を示したものである。もちろん、科学技術の分野が、それぞれ均等に発見や開発が進行しているわけではないし、技術に対する要求も時代によって異なっている。1930～1940年代に開発された技術は完成まで22～28年にもおよんでいるが、1950年代以降は6～9年といちじるしく短くなっている。このように、科学技術の進歩を計画的に達成することが可能になる。既存の法則・技術などを組み合わせて新しいものを生み出すことも容易である。この一連の努力をプロジェクトといっている。たとえば、日本政府の推進する新技術開発プロジェクトの例では、いずれも4～9年というタイムスパンは技術にとって計画によって達成できる長さなのである。

### 3. 技術革新の構造

#### 3.1 イノベーションの体系

自動車のタイヤを交換するためには、車輪止め、ジャッキ、レンチ、ドライバーが必要なように、技術の開発には、達成するために必要な科学技術の条件があり、この条件は、同時に開発のための

障壁でもある。日曜大工も、道具がだんだん揃うと成果が挙がると同じ理由で、科学・技術も進歩につれて関連技術が互いにその進歩を補完し、促進するという性質をもっている。ゼロックス複写機は、事務機器分野に革命をもたらし、しかも、ゼロックスという国際企業を築いた代表的技術革新である。これは、1663年の静電現象、1873年のフォトコンダクティビティ、1880年のコロナ・エミッションの3つの自然科学法則の体系的知識をもとにして、1937年米国のチェスター・カールソンが「事務用複写機」の概念設定をした。1945年に米国のハロイド社がこの発明に興味をもち、1947年に、この工業化のための開発をバットル開発会社（バットル研究所所有の企業法人で、新しい開発のための投資と工業所有権の売買および利用を行なっている。）に依頼した。以来バットルはこの工業化装置の開発に専念、はやくも1948年10月に第1号機の試作を完成した。

#### 3.2 イノベーションと技術移行

こうしてハロイド社にバットルから技術移行が起り、1950年には、商業規模での複写機が市場に出た。この複写機は手動式で市場からは受入れられなかったので、1954年に自動式複写機「コピフロ-II」が誕生した。最終的に現在のゼロックス機が完成したのは1959年である。一方、1948年の「ゼログラフィ」の発表以来、いろいろな企業、機関が同じような複写機を他のエレクトロ・フォトグラフィで完成しようと努力した。この努力がみよってRCA社のヤングおよびグレイグが1954年に酸化亜鉛の樹脂バインダーによる複写紙を開発した。こうしてRCAの「エレクトロ・ファックス」が誕生した。1970年にはIBMが有機フォトコンダクターを開発し、新しい複写の分野に参入した。1944年から1959年に至るゼロックスは、まさに目的指向型開発の代表で、最も社会的、経済的に大きな影響を与えた事例である。図1にこの科学・技術の相互関連性、開発過程を図示した。

イノベーションの体系で構造的に単純ではある

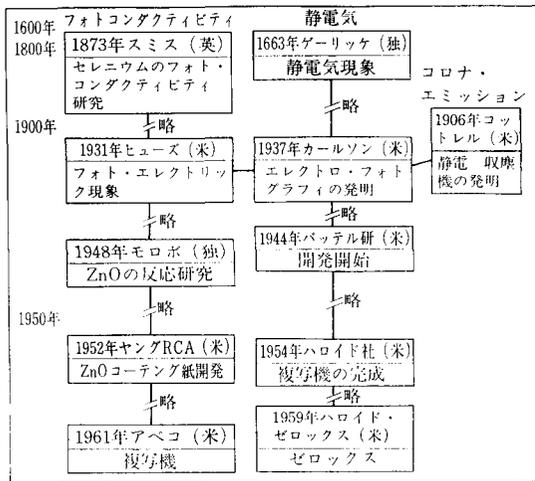


図 1 複写機のイノベーションの体系

が、アセスメントの困難な分野は医薬品である。経口避妊薬の開発は社会的に大きな意味もっている。現在、世界で2千万人以上の女性が、すでに使用しており、昨年のフランスの承認以来各国で急速に服用が進んでいる。開発途上国の人口抑制、食料問題の科学的解決策としては、きわめて効果的である。歴史をさかのぼると、1921年にハーベルランドが概念を示唆している。その後1934年の生殖プロセス中のホルモンの影響、1937年のホルモン生理学、1941年からのステロイド化学の進歩などによってデセラシイとコールトンが1951年にピルを完成した。マッコミック基金とサンガー夫人の力によって大きな開発基金が投入されている。

#### 4. 技術の事前評価

##### 4.1 技術の調和

プラスチックを土にかえすことのできるBDPが開発されたとする。このミュータントという「かび」は世界中のコンピュータの配線に繁殖してこのために飛行機が落ちたり、預金がなくなったりする。技術が計画され開発される以上は、人間との釣合や調和の上に築かねばならない。技術に心を与えることが必要である。最近、学会がDNA制御の研究を中断して、今後の進め方を考え

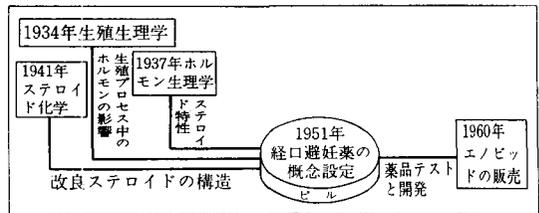


図 2 ピルの開発

直すということが報道されている。子供の中絶や養鶏システムが欧州で禁止されているのは、同じような良心によるものではなからうか。

#### 4.2 テクノロジー・アセスメント

1966年10月に米国で、はじめて「テクノロジー・アセスメント」という言葉が誕生した。これは、新しい技術がもたらす利益だけでなく、それがもっている危険性に注目し、同時に科学技術の性格を国民に知らせる必要があり、そのための「早期警報システムの設立」を提案している。逆説的にいえば、科学技術の波及効果をあらかじめ設定することで、さらに悪い効果を避けたり取り除くための新技術を生むことができる。技術予測が、技術概念設定に有力な手段として登場したのも、この理由である。技術予測があたかも技術開発の手段と誤解されて、この有用性を疑う向きもあるが、これは誤りである。

#### 5. 新技術へのアプローチ

##### 5.1 予測の必要性

1959年英国のイシゴニスによって設計された、ミニシリーズ自動車は、ビートルズやミニスカ-

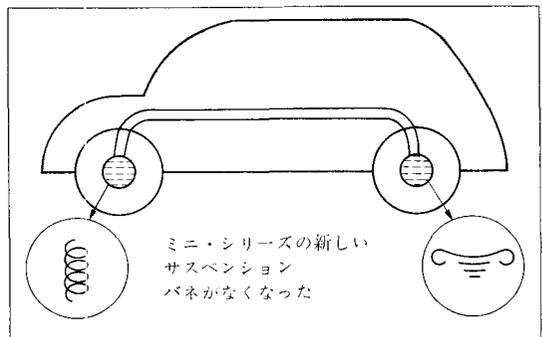


図 3 新技術への置換

トと並んで若者時代の華となった。この自動車は前後に普通のバネを装着していない。水を入れたゴムの袋と、前輪、後輪をつなぐゴムホースの新しいバネである。当時のBMC社のほとんどがこのシステムを採用したために、英国バネ企業は危機に見舞われた。これは、モールトン開発会社によって数年前から発表されていた。同じ例をあげれば、ミサイルは、6年間に航空機産業の雇用を1/2以下に減らした。テレビは10年間に映画産業の伝統的な形式を破壊し、大衆雑誌を駆逐した。新技術が概念化したとき、すでに旧技術が代替される可能性が含まれる。この危険を予知することによって企業に新しい機会を与えようとするのが技術予測の役割である。MITの100年祭で、今後の新しい科学技術の分野は、材料、地球、生命の3分野とした。またブライトによれば、輸送能力、エネルギー支配の能力、生物と無生物の寿命をのびし制御する能力、材料の特性を変える能力、人間の認識能力などの向上、身体活動の機械化の進展、人間の管理、情報伝達、問題解決手段の機械化の7つであるとしている。

## 5.2 新しい方向

ゲーテは「美しいものは減びる」といったが、技術のために新しい減びない物が増え、環境を汚染することから、人工に作り出したものが一定のサイクルで自然に帰ることを原則とするような技術開発への態度が望まれている。今後10年間の技術のアプローチは次の5分野が考えられる。1. 人間生活の向上、2. 環境の改善、3. エネルギー開発、4. 食料の確保、5. 生命の保全。カントは、対象の認識に入る前に自身の理性を吟味すべきであると考えたが、1~5はすべて技術は人間を超えないという考えに立った目標である。2050年までの世界人口の予測と一次カロリーの予測を比較すると、人口の増加は3.7倍であるが、一次カロリーは5.0倍必要となる。とくに発展途上国の場合8.4倍も必要とする。FAOの予測によると、1980年に不足するものは牛肉と牛乳で、あとは大

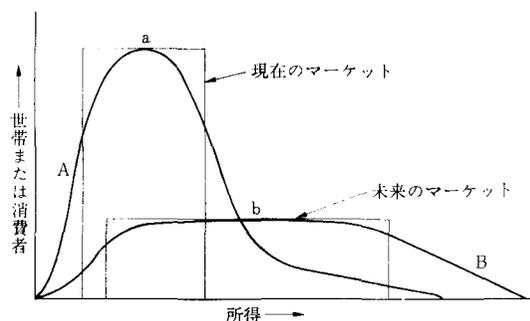


図4 マーケットの多様化と質の変化

丈夫であるとしているが、1972年、1973年の不作のように天候の予測しにくいこと、地球上の農耕可能地が現在の2倍の78.8億エーカーしかないことなどから、生産効率と人口調節の両面の検討が行なわれている。農産物は工業生産と異なり、エネルギーの効率はきわめて悪い。10アール当りの土地に当る太陽エネルギーは約400ℓのガソリンに相当する。毎日480キロカロリーのエネルギーを使って生育した農産物は、10アール当りわずか米で1500キロカロリー程度である。自然そのものの農産物が豊富に供給されるために他の領域技術の援助が必要である。さらに保存技術の進歩も必要となる。工業資源についても、たとえばローマ・クラブの予測によると亜鉛の埋蔵量は、現在の実需の伸びで計算すると、23年といわれている。亜鉛は鉄板にメッキされ、トタン板として27万トンの亜鉛が使用されている。このトタン板はスクラップとなるが、全部が溶解のときダストとして公害の発生源となる。このように身近なところに大きな対象が存在している。

## 6. 技術ニーズの変化

### 6.1 消費者の多様な質に対応

所得の低い経済社会の所得分布は富士山型である。経済が豊かになるに従って台形状になる。これを開放社会型といい、広い範囲の所得水準者が存在する消費社会としている。米国はこの社会で消費の質の異なる多様な消費者が新技術の対象となる。他の先進国はこのような消費を未来の姿と

表 2 社会技術

医療機器	
1. 診断用計測機器	{多項目自動測定機器, 高感度微量物質測定機器, 自動診断装置, 細胞自動解析装置など}
2. 監視用測定機器	{遠隔患者自動監視システム, 自動看護システム}
3. 治療用装置	{放射線利用治療機器, 物理的治療機器, 救急用治療機器}
4. 人工臓器	{人工心臓, 人工腎臓, 人工肝臓, 人口血液, ペースメーカー}
福祉機器	
1. 日常生活用補助具	{身障者用自助具, 身障者用移動機器, 教育機器}
2. 機能代替品	{義肢, 人工関節, 人工神経, 人工感覚}
3. 検査, 訓練機器	{障害機能の検査機器, 訓練機器, リハビリテーション・システム, 患者モデル}
4. 看護用機器	{ナース・ロボット, 遠隔身障者監視システム}
住 宅	
1. 新規材料	{構造材料, 木材代替材料, 塗料・接着材料}
2. 生産組立技術	{自動装置システム, 省力化・自動化用機器, 現場施工の合理化技術}
3. 省エネルギー技術	{太陽エネルギー利用住宅}
食糧生産	
1. 新しい食料・飼料	{未利用資源の有効利用技術, 新合成による食料・飼料}
2. 新しい農薬・肥料	{無公害安定農薬, 植物成長制御剤}
3. 食料生産システム	{資源培養型漁業システム, 高密度農産物栽培システム, 大規模集団畜産システム, 資源・エネルギーの有効利用}
公害監視	
1. 環境測定技術	{高感度高信頼性大気汚染測定器, 高感度高信頼性水質汚濁測定器, 各種標準物質など}
2. 排出源測定技術	{高信頼性排煙測定器, 高信頼性排水測定器, 排水源監視サブ・システムなど}
3. その他公害測定分析技術	{自動前処理装置, 自動騒音測定解析装置, 悪臭測定器}
災害防止	
1. 産業災害防止技術	{非破壊検査技術, 静電気対策技術, 検知技術, 高度安全計装技術, 高性能消火剤など}
2. 火災防止技術	{不燃性材料, 計測通報機器, 緊急避難設備, 避難効助機器など}
交通・物流	
1. 交通関連技術	{車両支持技術, 車両推進技術, 地上車両間の情報交換技術, 車両の制御・管理技術など}
2. 物流システム技術	{直接的パイプ輸送技術, 間接的パイプ輸送技術, 新交通システム, 貨物集積システム技術など}
廃棄物処理・再資源化	
1. 廃棄物収集輸送	{スラリー輸送システム, 真空輸送システム, カプセル輸送システム, 高性能ゴミ収集車}
2. 廃棄物破砕・選別技術	{風力分別システム, 磁力選別機, 無公害破砕システム, 低温破砕システムなど}
3. 再資源化技術	{堆肥化技術, 熱分解による燃料化技術, 生物的ガス回収技術, 基礎資材化技術}
4. 下水再生利用技術	{生物的下水再生技術の開発, 逆浸透方式下水再生技術, イオン交換・電気分解による下水再生技術}

資料：工業技術院産技協研究開発部会（昭和50年7月12日）

している。図4は、現在の所得分布Aが経済の発展に伴い開放社会型分布Bに近づく。これに伴い市場は単純市場aから多種、多様市場bに移行

することを示している。具体的な例で、低所得者層と高所得者層のセカンドカーにサブコンパクトが選ばれる動機を示し、異なる所得者層の動機に

よって技術市場が多様化していることが分かる。

## 6.2 量と質による空間の充足

最近の技術は空間(時代, 時間, スペース, 寸度, 情緒, 表現, コミュニケーション, 環境)の充足を目的とするものが多い。フィジカルな変化, 一点豪華な応接セットを買いと部屋や家を直さなければならぬ。いわゆる, 自己完結(それだけで欲望を満足)しない商品は, 日本では難しいとされている。自動車のように自己の周辺空間を完結しようという商品が伸長している。ファンクションの変化, オートバイの世界的ブームと並行し, 米ではウェット・バイク(水上オートバイ)が売れている。8ミリムービーはサウンド8ミリへ, 明るいレンズは高感度フィルムへ, ゲームはTVと結合してTVテニス, 既存の技術の変身や機能の変化, 相互補完などの製品が出現している。このように技術シーズの追究が盛んである。機能変化で最大の特徴は, ハイブリッド化の追究である。これに伴い誘発される電子材料はますます中間需要として期待される分野である。

## 6.3 産業技術から社会技術へ

技術的要請の中で最も大きな変革は, 減速経済への転換, 福祉社会の建設など新しい経済社会の変化への対応である。変化する社会ニーズに対して拡大していく分野は, 社会資本の整備, 生活の質的充実, 自然生態の尊重, 可処分所得の増大, 教育の拡散, 情報手段の発達, 社会福祉費の増加などがあげられ, 表2のように新しい技術への要請が期待される。これは従来の産業技術, 大規模, 量産, 自動化といった方向でなく小物で既存の技術のシステムの合成といってよいであろう。

## 6.4 省エネルギー 環境対策技術

石油危機以来, 新しい技術的要請として省エネルギー技術が方向として挙げられている。製品の寸度の小型化, たとえば表3のように寸度の変化によって重量を軽減し製造時のエネルギーと走行時の省エネルギー化を図ることが可能となる。さらに図5のように従来環境上問題とされていたプラ

表3 自動車の寸度変化による重量軽減

増減の方向	増減部分・方法	寸度10mm変化する時の重量変化(kg)	
		1,300ccクラス	2,000ccクラス
長さ方向	A 前後オーバーハング長さ変更	0.5	0.5
	B ホイルベース長さ変更	0.9	1.0
幅方向	C 車体中央部分で幅変更	1.8	1.8
	D タンブルフォームの強弱で幅変更	0.3	0.3
高さ方向	E ベルトライン上での高さ変更	0.6	0.7
	F ベルトライン下での高さ変更	1.0	1.5

基本寸度の変化と重量変化の関係

出所: 樋口教授「自動車技術」

スチックの多くが省エネルギーを図れるということで注目されている。一方1985年の廃棄物発生量は, 予測によると, 約10億トンといわれている。現在P.P.P.(廃棄者の費用負担原則)の傾向が強くなっているので, トン当たり1万円の費用とすれば巨大な技術マーケットといえるであろう。

## 7. 新しい予測の方法

### 7.1 新予測の方法論

ハーバード大学のレビット教授の「 $\frac{1}{4}$ インチドリルが売れに売れたのは消費者が $\frac{1}{4}$ インチドリルを要求したからというわけではなく,  $\frac{1}{4}$ インチまで穴をあけたいと願ったからだ」という有名な言葉がある。つまり製品の機能やパフォーマンス, あるいは製品の効用と消費者の満足度が大切なことが分かる。最近の技術予測は, ①製品の機能を高めるための中間製品(材料, 部品, システム)の技術シーズの追究と, ②消費者の製品ニーズ, アクセプタンスの調査, の2大傾向にある。後者については方法論が開発途上にあり, 技術と社会学, 社会心理学, 統計学, 言語学などのマルチ, インターデンプリナリーな追究が盛んである。

### 7.2 M R I. Q O L インデックス法

人間の価値態度をプロメテウス, ブッダ, デオ

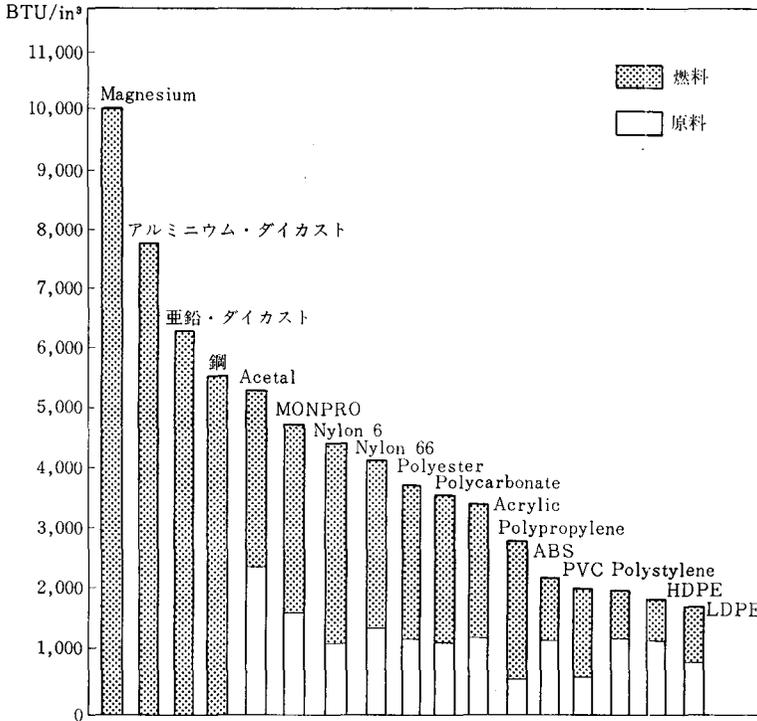


図5 製品の材料当り製造するに必要なエネルギー必要量 (出所: DuPont)

ニスの混合体であるとし、その価値要因の比重でその人の行動を表わせるという考えの基礎に立っている。日本人の生活の質を13種類の価値観で代表し、この比重をスペクトラムで表わす。これに対して技術のもつ機能を、別に用意した19の生活評論インデックスで表わし、消費者の技術にもたらすインパクトを相互関連分析することができる。たとえば、日本の各地の消費者についての価値観スペクトラムのデータベースをつくれれば、非常に興味ある結果が得られる。

### 7.3 SD法と新製品評価

イリノイ大学のオスグッドが開発し、とくに日本語のように意味空間の占める役割の大きい国で発展してきた手法である。これは、個人、集団のもつ態度、価値観を測定しその結果行動を推定するためのものである。新製品の技術は重要であるが、その製品の意匠や、発揮する性能、形状、大きさについて消費者のアクセプタンスを測定する方法が従来なかったといつてよい。たとえばある商品の評価するに漠然とよい、悪いというだけでなく、形容詞対、太い—細い、明るい—暗い、な

ど対象になる製品の機能を代表する一群の形容詞対を選び一つ一つの形容詞対を連続値と考え、計量的に処理することができる。この方法によって日本の自動車のネーミングが実施された。

### 7.4 製品の性能の期待と満足度

アンダーソン(米)がモデルを開発している。開発技術についてその必要な機能16を選び計画したプランのそれぞれについて価格の尺度を用いて分析する。たとえば外観は10ドル、ペン先は3ドル、クリップは5ドル、デザインは15ドルと全体の価格に対し相対的な評価を行ない、消費者の技術に対する不満分析を行ない新製品の事前評価を実施することができる。新しい情報と豊かな国際的経験が「新技術の目標設定」にきわめて重要である。情報が不足だと、既存のものを重複して概念設定する危険がある。豊富な情報とすぐれた分析手法が大切な所以である。

さとう・よしお 1930年生  
三菱総合研究所 産業技術部長