

人工知能、ロボット、ITは縮小社会に本当に有効か？

縮小社会研究会 尾崎 雄三

人工知能 (AI)、ロボット、情報技術 (IT) の発展はすさまじいといえるもので、新聞に記事が載らない日はないといえるほどである。これらの技術の開発が推進されている理由はいろいろあるが、大きな理由は経済成長に必要と考えられているからであろう。1960年代から始まった高度経済成長期においては、テレビ、電気冷蔵庫などの家電製品や自動車が爆発的に売れ、その後はパソコン、普通紙複写機、携帯電話・スマホが続いた。しかし、これらも社会に行きわたってもはや家電製品などのように爆発的に売れるものはなくなり、途上国の発展もあって日本では経済成長が望めなくなった。このような状況下において、人間の欲求である便利、快適を満たす新たな商品として生産・販売でき、広く利用することで生産性が向上して日本の高齢化・労働力不足を補うことも可能であることから、AI、ロボット、IT関連製品の開発が推進されている。

一方で、石油や金属などの地下資源が減少し、廃棄物による環境汚染が増加しつつあり、生産・消費を削減する縮小社会は避けられないことが明らかになりつつある。

このような状況下で、コンピューターの発達に依存するAI、ロボット、ITの発展について、コンピューターの生産、使用による問題を資源・エネルギー消費の観点から検討してみたい。

コンピューターは、本体、ディスプレイ、情報記憶装置などから構成され、本体の心臓部は半導体素子（集積回路）とこれを実装した回路基板である。半導体素子の製造は、シリコンウェハー製造工程、前工程、後工程から構成される。

<シリコンウェハー製造工程>

原料鉍石酸化ケイ素を黒鉛電極に電流を流して約1900℃に加熱・還元して金属ケイ素とし、これに塩素を反応させて三塩化ケイ素 (SiHCl_3) などとして蒸留・精製した後に高純度（イレブン・ナイン）シリコンとする。これを加熱炉に入れて約1420℃に加熱・熔融し、CZ法などで円筒状のシリコン単結晶とする。シリコン単結晶の外周を切削して所定の外径にしたのちに厚さ1mmの円板に裁断し、表面を研磨する。

<前工程>

酸化膜・窒化膜形成…シリコンウェハー表面に酸化膜を形成し（酸化炉）、次いで窒化膜を形成する（CVD装置）。

レジスト塗布・露光・現像…フォトリソグレイブ膜を形成したのちにガラスマスクを合わせてUV光を当て、現像液をかけて可溶部を除去してパターンを形成する（レジスト塗布現像装置）。

エッチング…ウェハー表面を切削する（プラズマエッチング装置）

レジスト剥離・洗浄…不要になったレジストを除去する（レジスト剥離洗浄装置）

絶縁膜形成…層間絶縁膜を形成する（プラズマCVD装置）。

平坦化（CMP）…絶縁膜を研磨して平坦化する（CMP装置）。

ゲート絶縁膜形成／ゲート電極層形成…熱酸化膜法でゲート絶縁膜を形成し、その表面を窒化処理する。続いてCVD法でゲート電極層を形成する（PVD装置、CVD装置）。

以後、パターン形成（レジスト塗布、露光、現像）、イオン注入、層形成、レジスト除去、CMP、洗浄などを繰り返してソース・ドレイン領域、層間絶縁膜、配線などを形成したのち、プローブ検査を行う。

<後工程>

ダイシング…ウエハーに形成された半導体素子を裁断分離する（ダイシングソー）。

ダイボンディング…半導体素子を支持体に固定する（ダイボンダー）。

ワイヤボンディング…半導体素子とインナーリードを金線で接合する（ワイヤーボンダー）。

モールド…エポキシ樹脂でケースを形成する（モールドング装置）。

<生産設備>

半導体の製造は不純物の混入や埃を排除するためにクリーンルームの使用が必須であり、洗浄に使用される水も金属成分を除去した高純度のものが必要である。クリーンルームには除塵のために HEPA フィルターなどの高性能フィルターも必要であり、露光装置には振動を防止するための防振装置が必要である。さらに製造工程では工程間のウエハーの移動は人の接触回避のためすべて機械・ロボットが行う。

<副資材>

フォトレジスト、ケースはいずれも石油化学製品であり、CVD に使用される原料は、例えばソース・ドレイン形成には PH_3 、 SiH_4 などが使用される。ワイヤボンディングでは純金を使用される。

半導体素子の製造工程だけをみても、大量の資源とエネルギーを消費することがわかるであろう。

さらに、人工知能を稼働させるだけでも多くの電力を消費する。人間の消費エネルギーは 75W（基礎代謝）～100W であり、脳の消費エネルギーは思考時で 21W である。これに対してアルファ碁の消費電力は 25 万 W もある。

コンピューターの消費電力は、デスクトップパソコンでは 50～150W、ノートパソコンで 20～30W、サーバーで約 500W（待機時）～700W（負荷時）である。経産省の推定では、2025 年パソコン、サーバー、ネットワーク機器の消費電力の合計は約 1300 億 kWh となり、2011 年の日本の総消費電力が 9340 億 kWh であって以後ほぼ横ばいであることから 13% がこれらに消費され、以後も増加するものと推計されている。またロボットには駆動装置があり、さらに多くの資源・エネルギーを消費する。

人工知能の進化も急速である。当初はすべての可能性の演算であったが、機械学習、深層学習と進化し、さらに敵対的生成ネットワークも開発され、囲碁等に应用されている。翻訳に関しても、文法を基礎にしたルールベース機械翻訳、次いで異なる言語の翻訳を分析した統計的機械翻訳が出現し、現在は深層学習を利用して文全体を捉えて翻訳するニューラル機械翻訳が実用化され、現在では翻訳者が 7 時間かかる翻訳をたった 2 分でおこない、しかも上級者と遜色ない内容である。

ハード面では量子コンピューターの開発、ソフト面では人間の脳の機能を取り込むことでさらなる進化が予測されている。

人工知能・ロボットについては、①シンギュラリティーが起こって人間の支配や暴走するの恐れ、②仕事が代替されて人間の仕事が大きく減少するのではないかと、③軍事利用が進んで戦争のハードルが下がるのではないかと、④人間が依存して能力が低下するのではないかと、⑤災害で電子機器が破壊されると社会が崩壊するのではないかと、などのリスクが指摘されている。

IT については、サイバー攻撃、フェイクニュースの迅速な拡散、個人情報漏洩、監視社会の到来、IT 企業の一人勝ちによる格差拡大、など解決困難な問題が懸念されている。