

軍事大国が描く未来的の戦争

小金澤鋼一：JSA東京支部

令和元年度外交・安全保障調査研究事業費補助金(調査研究事業)
「技術革新がもたらす安全保障環境の変容と我が国の対応」

報告書

令和2年3月



公益財団法人 未来工学研究所とは

事業目的

- ・ 未来の社会経済象、科学技術の諸相、それらが複合した経営と政策の諸課題に取り組みます。
- ・ それらの解決に資する方策を工学的手法で追究します。
 - 計画に係る調査、分析、企画、戦略形成、その実施のためのマネジメント、そして評価と見直し
 - 成果の社会への発信と社会との共有
 - もつて科学技術の振興と社会経済の発展に寄与することを目的とする事業を開拓します。

鍵となる将来軍事技術

東京大学先端科学技術研究センター特任助教 小泉 慎

- ・ **付加製造技術**
弾薬や予備部品、食料、医薬品などをいちいち前線まで送り届けるのではなく、前線に配備された3Dプリンタが必要とされる需品をその場でプリントするようになります。軍事組織の兵站が一変する。
- ・ **ロボット工学**
無人航空機 (UAV)、無人潜航艇 (UUV)、無人車両 (UGV) 等の活用がさらに進み、部分的ないし全面的に有人の兵器を置き換える。
- ・ **人工知能 (AI)**
AIが人間の指揮官の意思決定を支援するようになる。極端に進行速度の速い戦闘局面では、AIがロボット工学と組み合わされた場合には、殺傷型自律無人兵器 (LAWMS)として完全に人間の介在しない戦闘が実現する。
- ・ **VR及びAR**
兵士の教育・訓練に掛かる期間が大幅に短縮されるとともに、未知の戦闘環境にも前以て適応させることが可能となる。少數のオペレーターが多数の無人兵器を管制し、無人兵器と有人兵器のシナジーによる新たな戦闘形態が出現する。

鍵となる将来軍事技術

- バイオ技術
DNA操作や化学物質によって兵士の肉体的能力や認知能力などを拡張し、筋力や持久力を通常の人間よりもはるかに高めたり、夜間でも目が見えるなどの能力を付与することができるようになる。合成生物学によってより感染性や毒性の強い生物兵器や、敵の兵器やそれを動かす燃料を分解してしまう新カテゴリーの生物兵器が出現する一方で、新たな化学物質やナノマシンが兵士の抗体を強化することも可能となる。
- エネルギテクノロジー
高エネルギー密度の電池によって兵士の身体能力を補助する強化外骨格（エクソスケルトン）が普及するとともに、無人兵器や通常動力型潜水艦の行動半径が大幅に拡大する。レーザや粒子ビームといった大出力指向性エネルギー兵器が実現し、弾道ミサイル防衛システムや防空システムのあり方が大きく変容する。

- 極超音速技術
材料工学や制御技術等の進展により、ミサイルや航空機の飛しょう速度がマッハ5以上の極超音速領域に達する。このような超高速兵器は從来のミサイル防衛（MD）システムや防空システムに対する破壊能力を高め、空母などの高価値目標（HUV）の脆弱性が増加する可能性がある。

鍵となる将来軍事技術

- 情報通信技術（ICT）
軍事組織の運用するあらゆる装備品がネットワークによって接続され、戦場におけるモノのインターネット（Bio）が実現する。指揮通信系統（C3）、系統（ドメイン）の全戦闘領域をリアルタイムで共有しながら、より少數の兵力でも大きな効果を発揮する軍事作戦が可能となる。
- 神経工学（ニューロテクノロジー）
兵士の脳同士を直接接続してコミュニケーションを行ったり、人間の思考を反映して動く兵器などが実現する。つまり、身体的能力を下下せたり、捕虜の尋問をよおいては従来の暗号技術が意味が可能となる。サイバーセキュリティの分野においては大型の人工衛星や多数の衛星コンステレーションが宇宙輸送が可能となることで、これまでに例を見ない偵察、通信、航法能力が飛躍的に拡大する。レーザ迎撃システムが宇宙空間に配備される。他方で、人工衛星を標的とする対衛星攻撃（ASAT）が活発化する。
- 宇宙技術
計算能力の飛躍的な拡大により、新たな兵器の開発が可能となる。サイバーセキュリティの分野においては安価な宇宙船が軌道上に配備できるようになり、宇宙を用いた偵察、通信を行うことが可能となる。

新テクノロジーによる将来戦ビジョン

これらの新テクノロジーが将来の戦場環境を大きく変えることになる。例えば米空軍アカデミーのドルマンは、将来の戦場における米国陸軍歩兵部隊の姿を次のように描き出している。女性軍曹が指揮するこの部隊の兵士たちは、エクソスケルトンによって身体能力を強化され、目には装着したネットワーク接続型コンタクトレンズや脳に埋め込まれた通信ノードによって戦場全体の情報を入手したり、兵士同士で通信を行うことができる。ヘルメットには脳波検出装置が搭載され、思い浮かべるだけで随伴する無人兵器を操ることができる。その脇辺では無数の超小型UAVが群をなして飛び回り、戦場全体にばらまかれたセンサの情報をもとに敵を検出するや、兵器の燃料を分解してしまう酵素を散布したり、人工ウィルスで人間を行動不能にする。さらに彼女たちは、ARやVRによるシミュレーションでこれから向かう戦場の地形を熟知しており、未知の戦場でも戸惑うことがない。

- エバレット・カール・ドルマン著、桃井緑美子訳『21世紀の戦争テクノロジー 科学が変える未来の戦争』 河出書房新社、2016年（原題：Everett Carl Dolman, Can Science End War? Polity, 2015.）；

新テクノロジーによる将来戦ビジョン

米国の有力シングタンクである戦略予算評議センター（CSBA）が描く米海軍の空母戦闘グループ（CSG）に関する将来ビジョンは次のようなものである。中露は地上・海上・宇宙等に配備したセンサによって米海軍の未だ登場しない遠距離から探知できる。現在は地上・海上・宇宙等に配備した長射程ミサイルの登場によって、現在は500 カイリ程度である交戦距離は1000～1200 カイリ程度まで増加することになる。ここには低速で高空飛行するミサイルだけでなく、極超音速で機動しながら落下する新カタゴリーの攻撃兵器が含まれることになる。この結果、米海軍のCSGは新型の対空ミサイルや電子戦システム、レーザ迎撃システム、迎撃システムなどと組み合わせて、1000 カイリ離れた超長距離で戦うことを見据える。この超長距離戦闘を担うため、艦隊外周にはステルスUAVが展開して敵の航空・ミサイル攻撃を警戒するとともに、発見した目標をミサイルやレーザ兵器で迎撃する（

新テクノロジーによる将来戦ビジョン

退役米空軍少将として戦争倫理に関する著作を発表してきたロバート・ラティフは、これをもう少し皮肉なトーンで描いている¹⁴⁾。ロボット兵器やICTの支援を受けた「スーパー兵士」が登場することとは同様だが、彼の戦意は長引く戦いによってすでに減退傾向を示していた。するとヘルメットに埋め込まれた脳波センサがこのことを察知し、活力を増進する薬を服用するよう指示。戦意を回復した兵士はゲリラ勢力が潜んでいる建物の包囲に着手するが、内部に居る人間が、本当にゲリラ勢力なのかどうか確信が持てない。そこで兵士はより優れたセンサ能力を持つロボットに判断を仰ぐが、後方にいる人間の指揮官は焦って攻撃命令を出す。しかし、彼らが殺害した相手はただの農民一家だった。兵士は、今度は誰に指示されるでもなく記憶喪失薬を一錠飲み干す。

(原題：Robert H. Latiff, FUTURE WAR: Preparing for the New Global Battlefield, Knopf, 2017.) ;

新テクノロジーによる将来戦ビジョン

カリフォルニア大学バークレー校のスチュアート・ラッセルと英国の研究機関である生活的将来研究所（FLI）が2017年に製作したショート・フィルム『スローター・ボット』¹⁵⁾も、テクノロジーによる革新的な、しかし陰鬱な将来戦ビジョンを描く。ここで主人公となるのは人間ではなく、その100倍の処理速度を備えたAIが制御する手の平サイズの超小型UAVである。3グラムの指向性爆薬を備えたこのマイクロUAVは、顔認証技術によってターゲットを識別し、その額に取り付いた脳だけを爆薬で破壊する。開発者である起業家（劇中ではいかにも西海岸テック企業風の洗練されたプレゼンテーションを擅上で行なっている）によれば、このマイクロUAVをC-130輸送機から大量に都市上空にばら撒けば、それはスウォームとして振る舞い、都市に潜む「悪い方の半分」を皆殺しにできると説く。しかし、このテクノロジーがテロリストの手に渡つたことで、事態は逆転した。米国議事堂や英国でマイクロUAVが無差別殺戮を始めたのである。

Slaughterbots, 2017. <<https://www.youtube.com/watch?v=9CO6M2Hs0IA>>

将来の戦場

第一に、戦闘の行われる領域（ドメイン）とその相互作用が拡大する。戦闘ドメインは陸、海上、空中、宇宙へと拡大してきたが、ICT技術の進展はこれをサイバー空間という人工空間にまで拡大しつつある。しかも、ICT技術や宇宙技術によって各ドメインは密接に結びついで戦域を構成するようになつた。米軍は從来から複数のドメイン（ドクトリン）として扱ってきたが、今後は全ドメインが一つの戦場空間を構成するドメイン横断（クロス・ドメイン）型戦闘へと発展していくことが予見されるよう。

第二に、戦闘の強度は激烈化する傾向にあり、今後の戦闘はかつてない超長距離で、なおかつ非常に早いテンポで行われる可能性が高い。他方で、『スローター・ボット』で描かれた殺戮ボットに見られるように、この激烈化した戦闘は從来よりも強い選別性の下に行われることが考えられる。

第三に、人間の介在が大幅に低下する。極超音速兵器との交戦やサイバーワークにおいては目標の発見から交戦の意思決定、そして実際の交戦に至るテンポが極めて早く、多くの場合、人間の反応速度を超えることは確実である。また、将来的いすれかの時点でAIによって制御されるLAWsが登場すると思われる。

第四に、こうした環境下における人間の役割は、排除されるというよりも容容する。人間の兵士はハイオクノロジー、ニューロテクノロジー、ナノテクノロジーなどによって身体能力を強化されたり、機械と直接ネットワークをつないで機械の中で戦うことにならう。

Cyborg Soldier 2050: Human/Machine Fusion and the Implications for the Future of the DOD



CCDC CBC-TR-1599

Abstract

The Office of the Under Secretary of Defense for Research and Engineering (Alexandria, VA) established the DOD Biotechnologies for Health and Human Performance Council (BHPC) study group to continually assess research and development in biotechnology. The BHPC group assesses scientific advances for improved health and performance with potential military application; identifies corresponding risks and opportunities and ethical, legal, and social implications; and provides senior leadership with recommendations for mitigating adversarial threats and maximizing opportunities for future U.S. forces. At the direction of the BHPC Executive Committee, the BHPC study group conducted a year-long assessment entitled “Cyborg Soldier 2050: Human/Machine Fusion and the Impact for the Future of the DOD”. The primary objective of this effort was to forecast and evaluate the military implications of machines that are physically integrated with the human body to augment and enhance human performance over the next 30 years. This report summarizes this assessment and findings; identifies four potential military-use cases for new technologies in this area; and assesses their impact upon the DOD organizational structure, warfighter doctrine and tactics, and interoperability with U.S. allies and civil society.

BHTC (Biotechnologies for Health and Human Performance Council)
研究グループが今後30年で何を追求しようとするか

Prioritized from “most impactful” to “least impactful” on the battlefield,

1. situational awareness, (状況把握)
2. strength and speed, (強さとスピード)
3. imaging and sight, (画像化と視覚)
4. communication, (コミュニケーション)
5. physiology (endurance/sleep/health), (生理 (忍耐、睡眠、健康))
6. virtual (avatar) control, (アバターの制御)
7. attention and memory, (注意力と記憶)
8. Learning, (学習)
9. olfaction (sense of smell). (嗅覚)

[1] 画像化、視覚そして状況把握能力を高めるための眼の強化

世界の人間一機械強化研究の動向に照らして開発が急がれる4つの能力

- 可視光以外の波長、特に赤外領域を認識できる網膜に交換する。この研究は既に始まっており、2030年までは完了する。
- 次の段階（2050年まで）として、眼球そのものを交換する。データは視覚神経束に直接送られる。

- [1] 画像化、視覚そして状況把握能力を高めるための眼の強化
- [2] Optogenetic Bodysuit を用いた機能回復とプログラムされた筋肉制御
- [3] コミュニケーションと保護のための聴覚強化
- [4] 双方向のデータ転送のための脳の直接神経強化

[2] Optogenetic Bodysuit を用いた機能回復とブログラムされた筋肉制御

- 皮下に埋め込まれたセンサーネットワークに光パルスによりOptogenetic（光遺伝）刺激を与える。
- このセンサー群は損傷した筋肉や神経束に一定の間隔でおかれた光ファイバーがあり、その筋肉を動かす際に刺激される。
- この埋込センシングネットワークと計算、刺激は閉回路を構成し、自動的に危険を回避する。ここで兵士の負傷と死亡率を減らす。さらに戦場において最も深刻な障害の大音量に長期間曝される。これは退役軍人の10%が耳鳴りに悩まされ、6%が聴覚喪失となっている。
- このOptogenetic筋骨格制御システムは兵士にとって外部のシステムとのインターフェイスになるばかりでなく、彼らが慣れていない複雑な作業を遂行ようにプログラムされる。
- Optogenetic身体制御は2050年までに開発する技術であり、兵士の運動生物学的限界を超えるようなチャレンジングな作業をなしとげろという要求に彼らが応えることを手助けする。

[3] コミュニケーションと保護のための聴覚強化

- 中耳骨と蝸牛を交換するか改良することで聴覚能力を強化する。
 - 強化とは、聞くことのダイナミックレンジを拡げることであり、雑音から保護し、低出力の音に対する感度を増強することである。
- 戦場においては、銃発射や爆弾、戦争機械が発する大音量に長期間曝される。これは退役軍人の1つとならない。2012年の調査では退役軍人の10%が耳鳴りに悩まされ、6%が聴覚喪失となっている。
- 2030年までに、騒々しい環境の中で兵士が特定のものを識別することが可能になり、分隊のメンバーとの聴覚中の通信が強化される。
- 2050年までには、聴覚の神経伝達に関する理解が深まり、聴覚信号伝送の改良に加えて、別の信号に変換して遠距離通信を行うことができるようになる。
- この技術は多言語へのリアルタイム翻訳を可能とし、軍用だけでなく民生用として用いることができる。

[4] 双方向のデータ転送のための脳の直接神経強化

- 脳-コンピュータ・インターフェイス（BCI）のための神経埋込み装置が個人と機械とのシームレスな連絡を可能にする。
- これにより、ドローンや兵器システム、他の遠隔システムを強化された個人が制御できるようになる。
- 兵士は比較的安全な場所から戦場を効果的に制御できるようになる。
- 脳活動は頭蓋に貼付された電極により非侵襲でモニターされるか、脳に埋め込まれた電極により直接検出される。
- 2030年までに神経への埋込み電極により、特定のオペレータが兵器システムを制御することが期待される。
- 2050年までには神経回路網への理解が深まり、兵器システムの制御、ネットワークコミュニケーションと連絡、そして戦闘者の覚醒が改善されるだろう。

- 戦闘者にとって、この神経埋込み装置は戦場での広い応用が可能である。

- 外部のプロセッサーと伝送装置は戦場におけるアセット（兵器システム、偵察ドローン、UAV、UMVなど）の操作を可能とする。
- BCIの導入段階では、小分隊の中で1人か2人の兵士がBCIで強化される。
- 兵士や社会がこの埋込み手術を受け容れるには限界があるかも知れない。しかしながら、この技術により、兵士の能力の向上、殺傷能力の向上、生存率の向上、そして戦場における全般的な優位性が証明されれば、受け容れられていくだろう。



Author Robert H. Latiff
Major General Nov 1, 2003



米軍は戦争に勝てるのか?



MIT Technology Review Rats Communicate Through Brain Chips

Susan Young Rojahnarchive page
February 28, 2013

Pairs of rats can communicate through brain chips and collaborate to perform a task, report researchers in today's *Scientific Reports*. Brain activity recorded in one rat was translated into a pattern of electrical pulses that were then transmitted to another rat that had been trained to push a particular lever in response to one of two patterns of electrical stimulation in its brain. The rats also worked together, say the researchers. If the second rat chose the wrong lever, then the first rat would change its brain function and behavior in the next trial so that the receiving rodent was more likely to get it right, claim the scientists.

テクノロジーの意味するもの 「フェューチャー・ウォー」からの抜粋

- ・コンピュータ、AI、ロボット工学、自律型マシーンといった分野の開発をすすめる上で、われわれは本來無生物たるマシーンに、人間に非常には近い振る舞いをさせようとしている。それに、強化型兵士の研究にも取り組んでおり、肉体や神経組織の増強、薬物による機能強化、戦闘能力アップという、マシーンのように動けるヒトを創り出そうとしている。

・こうした双方向からの取り組みにより、我々は今、“ヒト”という概念の境界を曖昧にしようとしている。

- ・軍事的行為の結果に対する公正か最終的な責任者であることを殺し、はくじで生き残れることがより効果的に人を改造する機能強化型テクノロジでは、改造成された当人の人間的実感をも低下させる恐れさえある。

