creative commons
COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

공학 석사학위 논문

전차의 진화 사례연구

제품진화 이론과 기술궤적 이론을 중심으로

A case study in the evolution of tank

2018. 2.

서울대학교 대학원

협동과정 기술경영경제정책전공

김 진 국

초 록

본 연구는 제품이 생물진화와 유사한 방식으로 시장환경에 적응하기 위해 연속적으로 진화된다는 제품진화 이론과 제품진화는 기술 패러다임의 영향을 받게 되어 일정한 궤적을 형성하게 된다는 Dosi(1982; 1988)의 이론을 실증적으로 확인하기 위해 설계되었다. 본 연구에서는 육군의 핵심전력인 전차의 제품진화 과정을 귀납적으로 확인하여 기술 패러다임, 기술궤적 이론을 실증해 냈다.

전차의 사례를 통해 도출된 결과를 살펴보면, 전차는 변이-선택-전승 과정을 거치며 진화하여 제품진화의 일반적인 패턴을 보였다는 것을 확인할 수 있었고, 주력전차 개념이 도입되며 지배적 디자인(Dominant design)이 형성되었음을 확인할 수 있었다. 또한 국가별 전술 교리가 전차의 진화과정에서 기술 패러다임으로 적용되어 상이한 기술궤적을 형성하게 한 것을 확인했다.

과학의 진보가 기술의 진보를 이끌어내는 결과로 도출되는 제품의 불연속적인 진화가 발생한다는 일반적인 통념이 아니라, 제품진화는 과학, 기술 그리고 사회적 상호작용에 의해 기술의 진보가 나타나고, 이것이 제품의 형태로 발현된다는 사실을 전차의 사례연구를 통해 확인했다. 이러한 결과들로부터 무기체계 획득 정책 발전방향에 대한 유의한 정책적 함의를 도출하고 있다.

주요어: 제품진화, 기술궤적, 군집 분석, 주성분 분석

학 번: 2016-21146

목 차

제1장 서 론 ····· 1
제2장 이론적 배경 및 선행연구
제1절 과학과 기술, 그리고 인공물 ····· 3
제2절 기술 패러다임과 기술 궤적 ····· 5
제3절 제품 진화 ····· 8
제3장 전차의 역사
제1절 전차의 등장 : 1차 세계대전 ····· 11
제2절 전차의 발전 : 전간기 ~ 2차 세계대전 ····· 15
제3절 주력전차의 등장과 발전 : 냉전기 ~ 현재 ····· 19
제4장 연구 결과
제1절 자료 및 변수설명 ····· 23
제2절 방법론 ····· 25
1. 군집 분석(Cluster analysis) : Ward 최소 분산기법
2. 주성분 분석(Principle component analysis)
제3절 분석 결과 ····· 28
1. 군집 분석 결과
2. 주성분 분석 결과
제5장 결 론
제1절 요약 및 시사점 ····· 40
제2절 한계점 및 향후 연구방향 ····· 42
참 고 문 헌 ····· 43
[부록 1] 군집 분석 출력결과 : 군집화 고드름 도표 ····· 48
[부록 2] 주성분 분석 출력결과 ····· 49

표 목차

[표 1] 변수 설명 ····· 23
[표 2] 군집분석 결과표 ····· 28
[표 3] 주성분 분석 결과 ····· 34

그림 목차

[그림 1] 컴퓨터 연산속도 발전 ····· 7
[그림 2] 생물진화와 제품진화 프로세스 비교 ····· 9
[그림 3] 1차, 2차 세계대전에 등장한 전차 ····· 17
[그림 4] 냉전기에 등장한 전차 ····· 20
[그림 5] 현대 전차 ····· 21
[그림 6] 주요국의 시대별 전차 개발 현황 ····· 24
[그림 7] 군집분석 방법 ····· 26
[그림 8] 주성분 분석 방법 ····· 27
[그림 9] 전차 계층도 (전체) ····· 31
[그림 10] 전차 계층도 (군집 1) ····· 32
[그림 11] 전차 계층도 (군집 2) ····· 33
[그림 12] 전차 계층도 (군집 3, 4) ····· 33
[그림 13] 성분별 산포도 (전체) ····· 35
[그림 14] The trajectory of tank technology 1915-1945 ····· 36
[그림 15] 성분별 산포도 (국가별) ····· 38
[그림 16] 성분별 산포도 (군집별) ····· 39

제1장 서 론

1916년 프랑스 솜므(Somme, France) 지역에 영국군의 Mark-1 전차 18대가 투입되어 참호전 양상으로 고착되어 있는 서부전선을 돌파하려는 시도가 이루어졌다. 당시의 전차는 적의 기관총 사격을 견뎌내고 참호를 극복해서 보병의 기동을 지원하기 위한 목적으로 두꺼운 금속장갑과 무한궤도를 장착하고 기관총으로 무장한 장비였다. 약 100년이 지난 지금의 전차는 지상군의 핵심전력으로 상대 전차와 축성 진지를 파괴하여 지상전에서 주도권을 확보하고, 신속하고 깊게 기동하여 적의 지휘체계를 무력화함과 동시에 퇴로를 차단하기 위한 목적으로 활용되고 있다. 100년 동안 전차는 다양한 형태로 개발되었고, 과학과 기술의 상호작용으로 연속적인 형태로 진화되었다.

제품진화는 생물진화와 유사하게 제품 간 경쟁에서 도태되거나 선택되는 제품을 선별하고 돌연변이와 재조합에 의해 다양한 제품을 발생시키는 것(Ziman, 2000)으로 생물진화의 변이, 선택, 전승의 과정과 유사한 형태로 진화한다는 이론이다. 진화하는 기술은 일정한 기술 궤적을 형성하는데, 이 때 기술 패러다임에 의해 궤적의 방향이 정해진다. 기술 패러다임은 해법의 대안을 평가하는 평가기준이고 탐색을 하는 하나의 휴리스틱으로 정의되며, 산업, 기술의 특성에 따라 패러다임이 달라지고 특정한 기술궤적을 형성하고(Dosi, 1982 ; 1988), 형성된 기술 궤적은 쉽게 변하지 않고, 누적적인 특성을 갖지만 기술 패러다임에 의해 변화될 수 있다.

최첨단 과학기술의 집약체인 무기체계를 획득하는 과정은 국가안보와 직결되는 분야로 국방정책을 수립할 때 중요하게 다뤄진다. 다른 인공물과는 달리 선택 가능한 기술의 수준이 높고 제품의 효율성보다는 효과성에 중점을 두게 되는 무기체계는 진화하는 과정에서 수요자인 군(軍)의 전술 교리와 이에 의해 설정되는 작전요구성능[1]이 중요하게 작용된다. 그러므로 전술 교리가 하나의 기술 패러다임으로 작용함과 동시에 제품 진화에 영향을 미치는 사회경제적 환경으로 작용한다.

본 연구에서는 군집 분석(Cluster analysis)과 주성분 분석(Principal component analysis)결과를 바탕으로 전차의 진화사례를 분석하고 있다. 이를 통해 제품진화와 기술 궤적 이론을 귀납적으로 분석하고 군의 전술 교리가 제품 진화에 어떤 영향을 미쳤는지 확인하고자 한다.

다음에 이어지는 제2장에서는 이론적 배경과 선행연구에 대해 살펴본다. 제3장에서는 전차의 역사를 살펴보고, 기술 궤적 형성에 영향을 미친 주요 사건들을 확인한다. 제 4장에서는 군집 분석과 주성분 분석을 활용하여 제품 진화가 이루어진 패턴을 확인하고, 국가별/군집별 기술 궤적을 분석하여 제품진화 패턴의 공통점과 차이점을 도출한다. 마지막 제5장에서는 본 연구의 시사점과 정책적 함의를 도출하고, 한계점과 향후 연구방향에 대해 서술한다.

1) 군사 전략 목표 달성을 위해 사용되는 무기 체계의 운용 개념을 충족시키는 성능 수준과 능력(Required Operational Capability)(국방과학기술용어사전, 2011)

제2장 이론적 배경 및 선행연구

제1절 과학과 기술, 그리고 인공물

일반적인 통념으로 현대기술은 과학의 내용과 방법이 응용된 응용과학이라고 받아들여지고 있다. 예를 들면 전자기학이라는 과학 분야의 발전이 모터, 발전기, 전신, 무선전신, 라디오 등과 같은 기술 분야의 진보를 야기하고 핵물리학이 핵발전, 핵폭탄을 만들어냈다는 것이다. 일반적으로 갖고 있는 통념과 달리 과학과 기술은 서로 종속되어 있지 않고, 어느 한 방향으로 작용하지 않는다.

Bunge(1966)는 과학은 자연을 다루고 기술은 인공을 다루고 있다고 간주하며, 과학의 법칙은 보편적이고 미래 예측적이지만, 기술의 규칙은 구체적이고 처방적이라고 주장한다. Feibleman(1966)는 과학의 동기는 지적 호기심이고, 기술의 동기는 실질적인 유용성이라고 말하며, 과학은 가설을 검증하는 과정을 거치지만 기술은 가설을 응용하여 무엇을 실현시키는 과정을 중시한다고 했다. 덧붙여 과학 활동은 자연을 이해하기 위해 이뤄지고, 기술 활동은 인공물을 만들고 개량하기 위해 이루어진다고 했다. 과학은 자연에 대한 지적 호기심을 해소하기 위한 지식을 얻기 위해 실험실에서 하나의 이론을 탄생시키는 것이고, 기술은 실질적인 유용성을 위해 최대 효율을 위한 디자인을 지닌 인공물을 만들어내는 것이다.

르네상스 시대까지 과학은 학자 또는 자연 철학자에 의해 연구되었고, 기술은 장인에 의해 발전되었으며 두 계층 사이의 상호

작용은 거의 없었다. 당시 활용되던 기술이었던 불, 시계, 풍차, 농업기술 등에는 과학적인 이론이 불필요했다. 17세기 과학혁명 이후로 과학과 기술의 간극은 좁혀졌으나, 과학과 기술은 각자의 영역에서 발전되었다. 17세기 후반 프랑스의 물리학자이자 수학자였던 드니 파팽(Denis Papin)은 증기실험을 통해 증기기관을 발명했다. 그의 실험은 진공의 본질에 대한 의문에서 출발한 과학적 배경 속에서 실행되어 증기기관의 연구결과를 담은 논문은 1695년 불어판으로 출판되었다. 한편, 동일한 시대에 정규교육을 거의 받지 않은 뉴커먼은 철물점에서 경력을 시작하여 사업 성공으로 다양한 기계를 만드는 사람들과 접촉하게 되었고, 증기를 이용하여 광산에서 물을 퍼내는 기관을 1712년에 발명했다. 영국의 철물상이었던 뉴커먼이 프랑스 과학자의 증기실험의 결과를 알고 있었는지, 영향을 받았는지는 불확실하나, 파팽이 증기기관의 원리를 발견했다는 사실이 완벽한 작동모형으로 제작한 뉴커먼의 업적보다 뛰어나다고 할 수 없고, 기술적 완성도로 놓고 보면 뉴커먼의 증기기관이 훨씬 앞서 있었다(Basalla, 1988).

기술이 과학의 영향을 받지 않고 독자적으로 발전된 예는 무수히 많다. 최초의 기술 중의 하나인 석기제조 기술은 광물학이나 지질학이 등장하기 200만 년 전에 크게 발전했고, 고대의 건축물과 중세의 기계기술(풍차, 수차, 시계) 등도 건축학, 공학의 영향을 받지 않고 발전했다. 그러나 과학과 기술의 상호관계를 무시할 수는 없다. 과학의 발전이 기술혁신을 가져온다는 일반적인 통념 중 일부는 수용되어야 하지만 그 반대의 경우도 수용되어야 한다. 뉴커먼에 의해 발명된 증기기관이 발전되며 에너지 보존

법칙을 비롯한 열역학의 발전을 가져왔다는 것은 이미 널리 알려져 있는 사실이다(Basalla, 1988). Basalla(1988)는 과학과 기술은 매우 복잡하게 연결되어 있기 때문에 결코 단순한 수직구조로 분류될 수 없고, 기술혁신에 박차를 가하는 과학적 지식이 반드시 가장 최신의 것이 아니어도 기술적 적용은 충분히 가능하다고 하며, 과학은 기술의 결과물인 인공물의 물리적 가능성의 한계를 규정지을 수 있지만 최종 형태를 결정하지 않는다고 주장하며 기술이 과학의 종속물이 아니라는 것을 강조하고 있다.

Basalla의 관점으로 기술발전을 보면 과학적 발견에 의해 새로운 기술이 나타나는 불연속적인 도약이 아닌 꾸준하게 조금씩 발전되는 연속성을 확인할 수 있다. 기술 그 자체는 눈에 보이지 않기 때문에 제품의 형태를 갖춘 인공물(Artifacts)로 형상화되어 나타난다. 그러므로 인공물의 세계 전체는 연속성이 지배하고 있고, 연속성이 존재한다는 것은 새로운 인공물은 과거의 인공물로부터만 유래할 수 있고, 기술의 변화로 야기되는 새로운 제품의 발명이 극소수의 영웅적 발명가들에 의해 이루어진 불연속적인 도약이 아니라고 볼 수 있다.

제2절 기술 패러다임과 기술 궤적

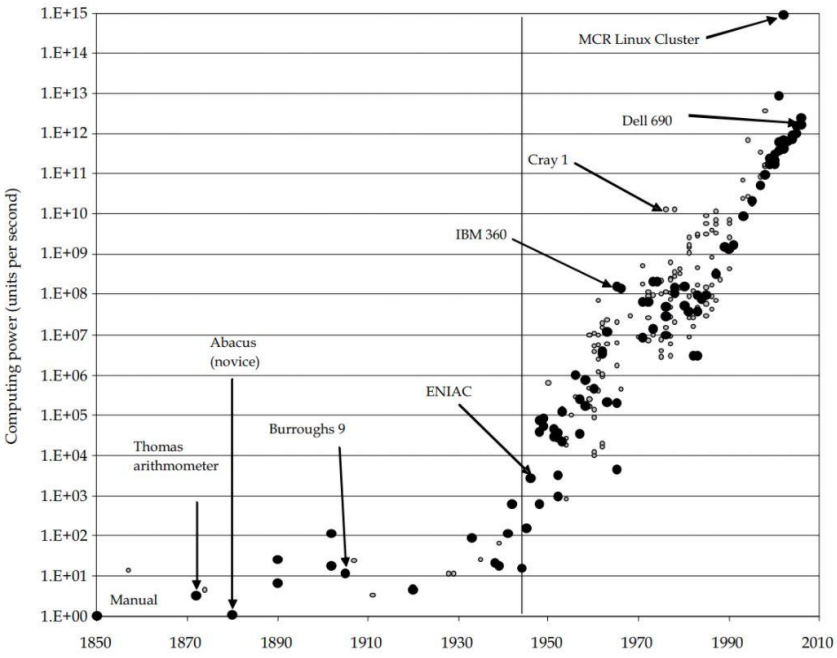
Dosi(1982, 1988)는 기술은 패러다임과 궤적을 가진다는 접근법으로 기술혁신을 조망했다. 기술 패러다임(Technological paradigm)은 Kuhn(1962)의 과학 패러다임과 유사한 의미로 해법의 대안을 평가하는 평가기준이고 탐색을 하는 하나의 휴리스

틱으로 정의하며, 산업, 기술의 특성에 따라 패러다임이 달라지고 특정한 기술궤적(Technological trajectories)을 형성하게 된다고 주장한다. Constant(1980)는 한 분야에 종사하는 기술 전문가들이 공유하는 인식틀로써 기술 패러다임을 정의했다. 만약에 인간이 해법에 대한 대안을 모두 알고 활용이 가능하다면 특정한 기술궤적은 형성되지 않을 것이고 가장 적합하고 최신의 기술을 선택할 것이다. 그러나 인간은 지역적, 산업적, 정치적, 기술적 등 다양한 제한요소들로 인해 해법에 대한 대안을 알 수 없다.

이로 인해 기술발전은 패러다임에 의존하여 누적적으로 이뤄지게 되고 일정한 기술 궤적을 형성한다. 만일 새로운 기술적 원천이 창출되어 패러다임이 변화하면 기술궤적도 함께 바뀌게 되는데, 기술발전의 경로는 궤적을 따라 발전하는 '기술진보'와 새로운 원천으로 인한 '패러다임 변화'가 겹쳐진 복잡한 양상을 나타낸다(Dosi & Nelson, 2010).

Dosi의 관점에서 기술 진화를 바라보면 기술 진화를 야기하는 발명행위는 기술 패러다임의 영역 내에서 발생하고 특정한 방향으로 집중되고 선택되고, 특정한 기술 궤적 내에서의 기술 진화는 강력하게 축적된다(Castaldi et al., 2009). 이러한 기술혁신의 동태적 모형 속에서 제품진화가 이뤄지는데, Utterback & Abernathy(1978)는 기술수명주기 모델을 유동기-과도기-경화기로 구분하여 설명하며, 기술과 시장의 불확실성을 극복하기 위해 다양한 제품디자인이 출현하고 다수의 제조자들에 의해 채택된 지배적 디자인(Dominant design)이 등장한 후 디자인과 제조의 효율을 높이기 위한 점진적 개선이 이루어진다고 주장했다.

Anderson & Tushman(1991)은 기술변화의 순환 모형을 제시하며 기술변화는 기술적 불연속성에 의해 기술 변화가 발생하고, 배양기에 들어서며 다양한 디자인이 등장한 후 지배적 디자인이 선택된 후 점진적 변화기에 접어들어 선택된 기술이 성숙되는 과정이 순환한다고 주장했다.



[그림 1] 컴퓨터 연산속도 발전 (Nordhaus, 2007)

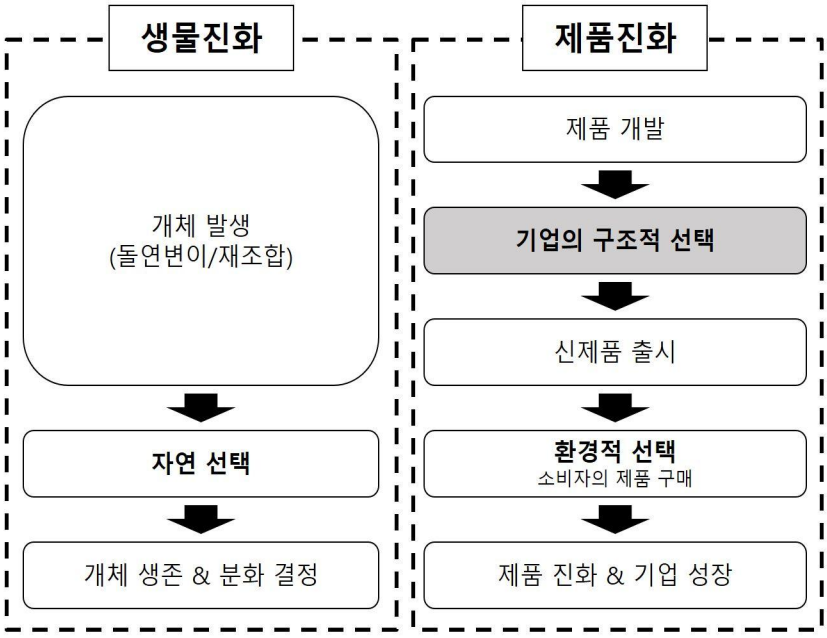
기술 패러다임은 동시대에 출현하는 제품들의 디자인 형성에 큰 영향을 미치며 기술적으로 당면한 문제를 해결하는 방식으로 작용한다. [그림 1]은 컴퓨터의 연산속도가 점진적으로 발전하며 일정한 기술 궤적을 형성하는 것을 보여준다. 기술과 소비자의 접점에서 탄생하게 되는 제품에 대한 연구는 귀납적인 방식으로 Dosi의 이론을 확인할 수 있다.

제3절 제품진화

제품진화는 생물의 진화에서 차용한 개념으로 생물의 진화와 마찬가지로 제품도 연속적으로 진화한다는 이론으로 Dawkins(1983)의 보편적 다윈주의를 바탕으로 하고 있다. 모든 진화적 과정은 변이(Variation), 선택(Selection), 전승(Retention)이라는 다윈적 원리로 설명될 수 있다. 생물 진화는 생물 집단이 여러 세대를 거치면서 변화를 축적해 집단 전체의 특성을 변화시키고 나아가 새로운 종의 탄생을 만들어내는 것으로, 뚜렷한 연속성을 가진 현상이다. 버틀러(Samuel Butler)와 리버스(Pitt Rivers) 등의 사상가들은 제품이 생물과 같은 논리로 진화한다는 주장하며, 기계가 발전되어온 과정을 보면 오랜 시간동안 지속적으로 변화하면서 이전의 제품들을 대체한다는 점에서 생물의 진화과정과 매우 흡사하다고 했다. Basalla(1988) 또한 이들의 주장에 동의하며 기술진화가 생물진화보다 빠르고 관찰 가능하기 때문에 더욱 확실하고 정확하다고 했다.

생물진화는 돌연변이가 발생하고, 생존에 적합한 종에 한해 선택되어 복제되는 형태로 발생하는데, 제품진화도 이와 유사하게 제품 간 경쟁에서 도태되거나 선택된 제품이 선별되고, 돌연변이와 재조합에 의해 다양한 제품이 발생된다(Ziman, 2000). 기술의 결정체로 나타나는 제품의 진화는 기술수준의 변화가 제품의 형태로 표현된 것으로 기술이 발전되어 온 과정이 담겨있는 역사적 산물이다. [그림 2]와 같이 제품진화의 과정은 새로운 제품이 개발(변이)되고 기업 의사결정에 의해 제품이 시장에 출현하면

소비자들에 의해 구매활동(선택)에 의해 시장에서 퇴출되거나 성장(전승)하게 된다. 이 과정에서 다수의 소비자들에 의해 선택된 제품은 지배적 디자인(Dominant design)을 형성하여 생물진화에서의 유전자와 같이 보존되어 전파된다. 제품진화 과정은 생산자와 소비자의 상호작용에 의해 이루지기 때문에(Fleck, 2000) 제품이 인간활동과 공진화하는 원리를 파악할 수 있으면 기술혁신을 손에 만져질 수 있는 사물로 형상화되는 원리를 이해할 수 있다(이정동 외, 2017). 그러므로 제품진화 연구는 단순한 역사적 의미 이상을 지니고 있다.



[그림 2] 생물진화와 제품진화 프로세스 비교 (김성진, 2014)

제품진화를 변이의 측면에서 보면 신기술의 등장으로 새로운 선호가 발생해 변이가 생길 수 있고, 새롭게 발생하는 수요에 의

해 변이가 생길 수도 있다. 이전의 연구에서는 지배적 디자인을 신기술의 등장과 함께 공급자의 혁신 노력에 의해 발생한다는 공급자 측면을 주로 다뤘으나, Adner & Levinthal(2001)은 지배적 디자인을 수요환경의 영향을 받는 기업의 적응의 결과로 나타나는 것이라고 주장했다. 또한 사회경제적 환경변화에 따라 변이가 촉진될 수 있고(Tripsas, 2008), 사회경제적 환경변화에 의한 제품의 변이촉진은 수요측면에서 촉진되는 기술진화의 양상으로 나타나게 되며 이를 통해 기술궤적의 변화가 나타나기도 한다. 이는 시장의 요구에 의해 혁신이 촉발된다는 Schmookler(1966)의 주장과 맥을 같이한다.

실제로 제품진화에 대해 앞서 이뤄진 연구들은 다양한 기술혁신 이론을 실증적으로 분석하는데 활용되었다. Saviotti & Trickett(1992)은 헬리콥터의 제품 진화과정을 통해 기술 패러다임을 실증적으로 확인해냈다. Malerba et al.(1999)의 논문에서는 컴퓨터 기술의 발전과정을 산업 내 혁신동학 이론으로 설명하였고, 이를 통해 컴퓨터 산업의 진화과정을 실증적으로 분석해냈다. Bonaccorsi & Giuri(2000)는 터보프롭 엔진의 진화과정을 통해 ILC(Industry Life Cycle) 이론을 검증하여 터보프롭 엔진 산업 내 기업들의 non-shakeout 패턴을 확인했다. Swann(2001)은 고급 자동차 진화과정을 사례연구로 다뤄 수요와 제품진화의 관계를 실증해냈다. Peine(2008)은 스마트홈 제품을 통해 기술 패러다임을 실증적으로 분석했다. 국내 연구로는 제품진화 양상이 뚜렷했던 모바일폰에 대한 연구가 활발히 진행되었다.

군사 분야에서의 제품진화 연구는 국가 안보와 직결되어 있는 관계로 제품의 특성이 공개되어 있지 않은 경우가 다수여서 연구가 많이 이뤄지지는 않았다. Castaldi et al.(2009)의 연구가 대표적인데 이들은 1915년부터 1945년까지 개발된 전차의 진화과정에 대한 사례연구로 기술 패러다임과 기술궤적 이론을 실증적으로 분석해냈다. 연구를 통해 국가별 전투 교리와 지리적인 여건이 다른 상황 속에서도 전차의 진화가 유사한 패턴으로 이루어졌다는 점을 확인할 수 있었고, 기술자들로 형성된 커뮤니티에 의해 형성된 기술 패러다임이 기술 궤적 형성에 크게 작용한다는 Dosi의 주장과는 달리 전차의 경우에는 군사 교리의 영향이 크다는 것을 확인했다는 의의를 지니고 있다. 그러나 전차의 지배적 디자인인 주력전차(Main Battle Tank : MBT)의 개념이 도입된 후의 기술 궤적을 확인하지는 못했다. 본 연구에서는 Castaldi et al.(2009)의 연구에서 나아가 1915년부터 1998년까지 생산된 전차의 진화과정을 확인해보고자 한다.

제3장 전차의 역사

제1절 전차의 등장 : 1차 세계대전(World War I)

전차는 두꺼운 장갑으로 승무원들의 생존성을 보장하고, 대구경의 직사포와 기관총으로 무장하여 적을 제압할 수 있는 화력을 지녔으며, 높은 마력의 엔진과 무한궤도를 장착하여 신속하게 야지를 극복할 수 있는 기동성이 탁월한 장비를 의미한다. 현대전

에서 활용되고 있는 전차는 1차 세계대전 당시 영국에 의해 최초로 전장에 투입되었고, 2차 세계대전에서 빛을 발하며 지금까지도 지상군의 주요 화력장비로 활용되고 있다. 특히, 지형에 구애받지 않고 신속한 기동력으로 적의 방어선을 돌파하여 지휘체계를 마비시키고 조직적인 방어를 하지 못하게 하는 역할로 전장에서 지대한 영향력을 끼치고 있다.

전차의 개념적인 토대는 15세기 보헤미아 왕국의 Jan Žižka에 의해 발명되었다고 알려져 있다. 마차 형태의 이 전차는 말을 타고 공격해오는 기병들에 맞서기 위해 설계되었다. 나무로 둘러진 마차 내에는 승무원들이 석궁과 화총(Pistol)으로 원거리에서 공격함으로써 기병의 공격을 효과적으로 저지할 수 있었다. 그러나 Jan Žižka가 사망한 이후에는 20세기까지 사용되지 않았다(Sedlar, 2013). 20세기에 들어 1903년 프랑스의 포병장교인 Levavasseur에 의해 80마력의 가솔린 엔진과 무한궤도를 장착하고 포로 무장된 전차를 개발하는 Levavasseur project가 제안되었으나 제품이 개발되지는 않았다. 이 밖에도 1904년 Wells에 의해 바퀴가 장착된 거대한 철갑 상륙선의 디자인이 제안되었으나 마찬가지로 개발까지 진행되지는 않았다. 전차가 역사에 등장한 것은 그 후로 12년이 지난 1916년이었다.

1차 세계대전 당시 연합군(미국, 영국, 프랑스, 이탈리아 등)과 동맹군(독일, 오스트리아, 불가리아)은 깊고 긴 참호를 파고 엄폐한 상태에서 교전을 치뤄 어느 쪽도 섣불리 참호를 벗어날 수 없는 교착상태가 길게 지속되곤 했다. 이러한 상황 속에서 주도권을 확보하기 위해서는 길게 구축되어 있는 참호를 돌파해야 했

다. 기관총, 철조망, 야포 등 방어에 유리한 무기 위주로 발달된 상황에서 참호를 돌파하기 위해서는 대규모의 야포로 대량의 포격을 참호에 가한 후 병력을 투입시키는 방법이 있었으나, 야포로 참호 내에 있는 병력들에게 피해를 주기 어렵고 철조망과 기관총으로 방어하고 있는 부대를 돌파하기 위해서는 많은 피해를 감수해야 했다. 많은 피해를 입으며 돌파를 해냈더라도 전선 후방에 구축된 참호들의 저지로 지속적인 병력진출은 어려웠다.

실제로 전차가 전선에 등장하기 전 1916년 7월 1일 영국군은 제 4군을 주공으로 공격하였으나, 견고하게 구축된 적들의 방어선으로 인해 겨우 7km를 전진하는데 2만 여명의 전사자를 포함한 6만 명이 넘는 사상자를 내게 되었다(도응조, 2002). 적 참호를 뚫고 방어선을 돌파하기 위해서는 철조망을 개척하고 기관총 사격을 견디며 참호까지 이동하여 기관총 진지를 파괴할 수 있는 무기가 필요했다. 적 참호를 효과적으로 돌파할 수 있는 무기를 고민하던 중 영국의 공병장교인 스윈턴(Swinton) 중령은 전쟁 전에 본 미국 홀트(Holt)사가 생산한 영농기계였던 무한궤도 트랙터를 떠올렸다. 이 트랙터는 무한궤도를 장착해 뛰어난 야지극복능력을 지녔었는데, 야지를 횡단하여 참호까지 효과적으로 이를 수 있다고 판단했다. 스윈턴 중령은 신무기 개발 의견서를 제출하여 당시 해군 장관이었던 윈스턴 처칠에 의해 적극적으로 추진되었다.

최초의 전차는 리틀 윌리(Little Wille)라고 명명된 전차로 1915년에 개발되었다. 10mm의 장갑과 105마력의 엔진을 지녀 시속 6km로 이동할 수 있었고, 기관총 또는 37mm 직사포로 무

장되었다. 최초의 전차로 개발되었지만 시험결과 1m의 참호조차도 돌파할 수 없어 전장에 투입이 되지는 못했다. 이어서 영국의 Mark-I 전차가 개발되었고 영국군은 이 신무기를 보안상의 이유로 "Tank"라는 암호명으로 불러 지금까지도 Tank라고 불리고 있다. 1916년 프랑스 솜므(Somme, France)지역에서 벌어진 전투에서 영국군은 18대의 Mark-I 전차를 최초로 전장에 투입하였다. 영국군의 Mark-I 전차는 포병의 사격에 이어 이동하여 적 참호에 구축된 기관총 진지를 공격함으로서 보병들의 진출을 돕기 위해 투입되었다. 그러나, 투입된 49대 중 9대만이 적진을 돌파할 수 있었고 보병은 적 참호까지 이르지 못했다(도응조, 2002). 솜므전투의 실패로 무한궤도를 장착한 전차라도 고중량의 장갑무게로 인해 약한 지반은 극복하기가 어렵다는 것을 배운 영국군은 지반이 단단한 껑브헤(Cambrai, France)지역에 집중적으로 전차를 투입해 전선을 돌파하고자 한다. 1917년 11월 20일 오전 7시 30분 381대의 전차가 전선에 투입되었다. 당시의 전차는 솜므전투에 투입되었던 Mark-I 전차의 개량형인 Mark-Ⅳ 전차가 주를 이루었다. Mark-Ⅳ 전차는 Mark-I에 비해 장갑은 전체적으로 2mm 두꺼워졌고 출력이 20마력 높아졌으나, 큰 변화는 없었다. 영국군 전차는 적의 전선을 돌파하여 8km정도 진출하며 성공적인 전과를 달성했다. 이 공격으로 영국군은 1,500여명의 손실로 독일군 10,000여명의 포로와 200문의 포를 획득할 수 있었다(Macksey, 1988). 그러나 이 전투에서 독일군의 사격, 기계고장 등의 이유로 381대의 전차 중 179대의 전차를 잃게 되었고, 이후 벌어진 독일의 역습으로 전선은 다시

회복되었다. 비록 실패한 작전이었으나 영국군은 전차의 집중운용에 대한 실효성을 발견할 수 있었다.

1차 세계대전에서의 전차는 보병공격을 지원해주는 역할을 수행하기 위해 운용되었다. 그 이상의 효과를 거둘 수 없었던 것은 전차의 속도가 지닌 제한성 때문이었다. 기병의 속도를 뛰어넘지 못하는 전차의 가치는 지휘관들로부터 인정받기 어려웠다(도응조, 2002). 그러나 전투를 경험하며 각 국의 지휘관들은 전차의 집중운용을 통한 기습효과 달성은 높은 수준의 전략적 가치를 지녔다는 것을 배웠다.

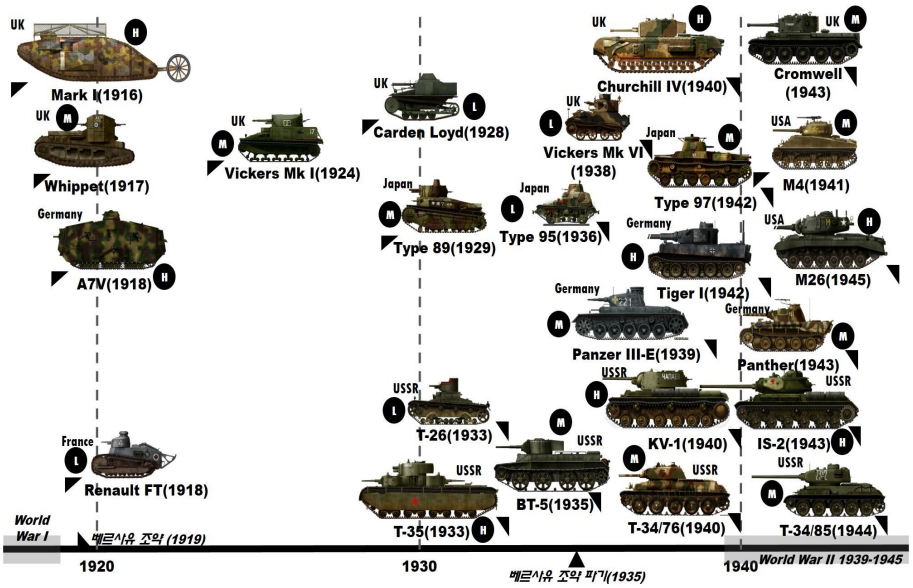
제2절 전차의 발전 : 전간기(Interwar period) ~ 2차 세계대전(World War II)

1차 세계대전이 종료된 후에도 전차는 보병 부대의 지원에 활용될 수 있는 장비로 취급되었다. 그러나 몇몇의 전술가(Fuller in UK, Guderian in Germany, Patton in USA)들은 보병, 항공기와의 합동작전에 활용될 수 있는 전차의 전술적 가치를 발견했다. 러시아 내전에서 소련군은 프랑스의 르노 전차, 영국의 Mark V 전차, 그리고 휘펫 전차를 노획해서 그들만의 전차를 설계하기 시작하여 KS(Krasno-Sormovo)라 불리는 첫 번째 소련군의 전차를 1920년에 개발되었고, 37밀리 포를 장착한 KS전차는 러시아 내전에서 보병 지원 장비로 활용되었다. 1930년 중반에 이르러 소련은 종심전투 이론(Deep battle theory)으로 기계화전 교리를 정착시켰다. 투하체브스키(Mikhail Nikolaevich

Tukhachevskii)에 의해 정립된 이 교리는 광범위한 지역에서 동시에 전투를 강요함으로써 적에게 혼란을 가하고 전투력을 물리적으로 파괴하는 것이 목표이다. 종심전투 이론에 의해 다양한 전장에서 동시에 전투를 수행하려면 상대방보다 많은 다수의 전차가 필요했으므로 소련은 다량 생산에 초점을 맞추고 전차를 확보했다.

독일은 1차 세계대전 패배 이후 베르사유 조약에 따라 군사력 보유 및 양성에 제한을 받게 되었는데 베르사유 조약의 주요 사항은 다음과 같다. 병력은 육군 10만 명으로 보병 7개 사단, 기병 3개 사단 이하로 구성하고 해군은 15,000명 이하의 병력을 유지하되 전함 6척, 순양함 외 20척을 보유할 수 있고 잠수함은 보유할 수 없었다. 공군은 항공기를 보유하지 못하도록 강제되었다. 이와 더불어 참모본부를 유지하지 못하도록 했고 전차 보유 및 제작 불가, 전쟁물자 제조 제한, 무기 수입 및 수출 금지 등 독일의 국방력 형성에 상당한 제한을 가하였다. 그러나 독일은 1926년부터 연합국의 감시를 피해 기동성에 중점을 둔 37밀리 포를 장착한 경전차와 75밀리 포를 가진 중전차를 개발했다. 1935년 독일의 히틀러(Adolf Hitler)에 의해 독일군은 381대의 전차로 구성된 기계화사단을 구성하게 되었고 1939년 폴란드 침공에서 항공전력과 합동작전을 수행한다. 당시 독일군은 전격전이라 불리는 기동전 교리를 발전시켜 2차 세계대전에서 혁혁한 성과를 거두게 된다. 독일의 전술가 구데리안(Guderian)에 의해 정립된 전격전(Blitzkreig) 전술은 항공화력의 지원 아래 기동화 보병, 포병, 전차를 전선에 투입시켜 적의 약점을 좁고, 깊게 돌

파하는 기습전 방식으로 빠른 속도, 장애물 극복능력, 우세한 화력이 중요하다. 전격전 전술은 북 아프리카 전역에서 롬멜(Erwin Rommel)에 의해 독일군에 큰 우세를 가져다 주었다.



[그림 3] 1차, 2차 세계대전에 등장한 전차

[그림 3]은 1, 2차 세계대전 기간에 생산된 대표적인 전차를 보여준다. 경(Light)전차, 중(Medium)전차, 중형(Heavy)전차로 나뉘어 다양한 형태로 생산되었고, 개발 초기에는 다양한 디자인의 전차가 점차 유사한 형태의 디자인을 갖춰가는 것을 확인할 수 있다.

1941년 독일군은 소련 침공으로 동쪽으로 영토를 넓혀나갔으나 당시 독일군이 다수 보유했던 Panzer III, Panzer IV가 소련의 T-34 전차의 벽에 부딪혔다. T-34는 높은 기동성을 지닌 중형(Medium)전차로 33톤의 중량과 76밀리 포를 장착하고 있

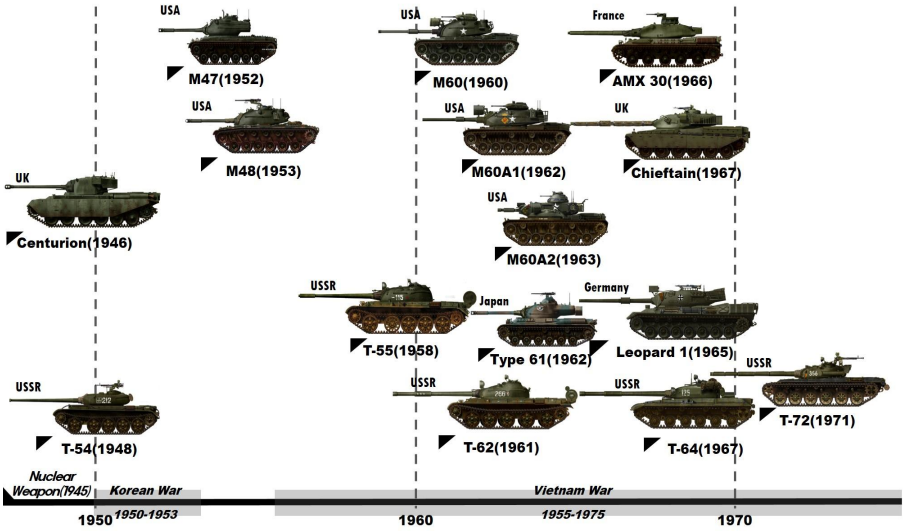
고, 상대적으로 작은 구경의 독일군 전차의 포를 견딜 수 있는 장갑을 지녀 기계화 부대의 전투에서 우세를 점할 수 있었다. 이후 독일군과 소련군은 두꺼운 장갑으로 생존성을 보장받고 주포의 구경을 높여 화력을 더욱 강화하기 위해 중(Heavy)전차 개발에 박차를 가하게 된다. 1943년 소련군은 122밀리 주포를 장착한 47톤에 달하는 중전차를 전력화했고, 독일군은 타이거(Tiger)전차와 판터(Panther)전차를 개발하며 전차전에서의 우세를 가져오기 위해 기동성을 낮추고, 화력과 생존성을 높였다. 판터 전차는 3인치의 경사 장갑을 장착하고 75밀리 주포를 장착해 미국의 셔먼(Sherman)전차와 소련의 T-34전차의 장갑을 관통할 수 있게 되었고, 타이거 전차는 88밀리 주포를 장착해서 화력을 더욱 높였다. 그러나 독일군은 우수한 성능의 전차를 가졌음에도 불구하고, 숙련된 승무원의 부족과 전역의 확장으로 인한 군수지원의 문제 등의 어려움 겪게 되었고, 값 비싼 가격으로 인해 생산을 원활히 할 수 없었다. 이와 반대로 소련군의 T-34전차와 미군의 셔먼전차는 독일 전차에 비해 성능은 열세였으나 싼 값으로 대량 생산할 수 있었고(Mills, 2013), 소련은 종심작전 이론에 따라 적의 종심 내에서 독립 작전을 수행해야 하는 기계화 부대로 군수품의 현지조달이 중요한 요소로 고려되어 전차의 설계에 반영되었다. 독일과 소련은 전격전과 종심전투 이론이라는 상이한 교리를 적용하여 전차를 개발하게 되었고, 전술 교리는 기술 궤적형성에 주요한 요인 중 하나로 작용하게 되었다.

제3절 주력전차(Main Battle Tank)의 등장과 발전 : 냉전기(Cold War) ~ 현재

2차 세계대전이 종료된 후 미군과 소련군의 군비경쟁이 시작되었다. 미군은 퍼싱(M26)전차를 한국전쟁에, 패튼(M48)전차를 베트남전쟁에 각각 투입했고, 핵전쟁 상황에서 임무수행이 가능한 M60 전차를 생산했다. 종전 이후 소련군은 T-34/85 전차와 IS-3를 개발했고, 1960년 이후부터 핵전쟁 상황에서 임무수행이 가능한 T-62 전차를 개발했다. 베트남전쟁 당시 미군은 정글 위주의 베트남의 지형에서는 전차의 전술적 효과가 적을 것이라는 생각과 북 베트남군의 기계화 전력이 갖추어지지 않았다는 판단으로 소량의 전차만을 배치했다. 전쟁이 지속되며 북 베트남군이 소련의 T-54, T-59전차와 폴란드의 PT-76를 보유하게 되며 전세가 점차 기울어지기 시작해서 1975년 사이공의 대통령궁에 대한 T-54 전차의 공격이 시작되며 전쟁은 북 베트남의 승리로 끝나게 되었다(Mills, 2013).

2차 세계대전에서의 교훈을 바탕으로 소련군은 승무원들이 조작하기 쉬운 형태의 전차를 대량으로 생산하여 수적인 우세를 점한다는 원칙을 세웠다(Zaloga, 1987). 소련군의 교리를 받아들인 다른 국가들도 수적인 우세로 전차전을 수행했는데 대표적인 전투가 1973년 10월에 골란 고원에서 벌어진 4차 중동전쟁(Yom Kippur War)이었다. 당시 미국의 지원을 받은 이스라엘은 센츄리온 전차를 개량한 Shot Kal 전차 170대를 보유하고 있었으나 소련의 지원을 받은 1,200여대의 시리아군의 T-62,

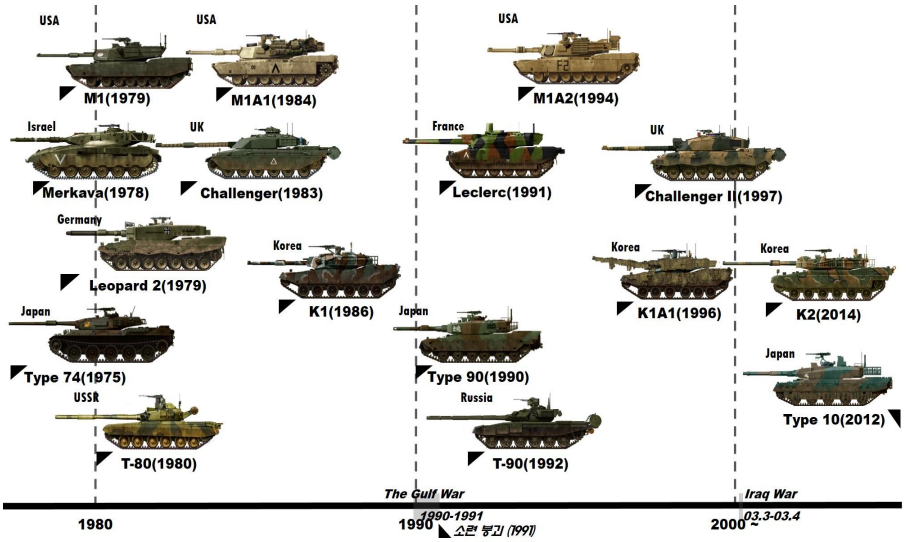
T-54/55, T-34 전차에 의해 제압당했다. 소련군의 상대적으로 단순한 기술의 조합으로 전차를 생산하여 승무원들의 숙련도를 높이는 원칙은 T-80 전차를 비롯한 이후 개발된 전차에도 똑같이 적용되었으며(Mills, 2013), 군수품의 현지조달을 중요시 하는 소련 종심작전 이론에 의해 T-80U 전차는 가솔린과 경유를 모두 연료로 사용할 수 있었고, 전차포도 미사일과 포탄 모두를 사용할 수 있게 하였으며, 포의 구경도 상대국보다 크게 제작하여 적의 포탄을 제한적으로라도 사용할 수 있게 했다(도응조, 2002).



[그림 4] 냉전기에 등장한 전차

[그림 3]과 같이 1,2차 세계대전을 거치며 다양한 종류로 개발되던 전차는 냉전기에 돌입하며 주력전차(Main Battle Tank: MBT)로 기능이 통합되며 [그림 4]와 국가별로 하나의 플랫폼을

공유하는 형태로 디자인이 형성된다. 주력전차는 적의 포격에도 파괴되거나 기동을 멈추지 않고 버틸 수 있는 장갑, 적의 장갑차량이나 축성진지 등 견고한 목표물을 파괴할 수 있는 화력, 무한궤도를 장착해 험지에서도 뛰어난 돌파력과 기동력을 동시에 갖춘 기갑 무기체계로 자리 잡고 발전되었다.



[그림 5] 현대 전차

전차의 지배적 디자인(Dominant design)으로 주력전차 개념이 도입되며 전차는 대량생산이 가능하게 되고 동일한 차체를 다양한 목적으로 개량해서 활용함으로써 개발과 생산, 유지보수 비용이 줄어들었다. 전장에서 신속한 정비를 위해서는 수리부속의 모듈화가 중요한데 차체가 서로 다를 경우 수많은 수리부속이 필요하게 되어 군수지원에 어려움을 겪게 된다. 주력전차가 등장함으로써 이는 어느 정도 해소되었다. [그림 5]와 같이 냉전이 종

식된 이후에도 전차는 주력전차의 디자인을 고수하되 성능개선을 통해 상대적 전투력의 우위를 달성하고 있다.

핵과 핵이 맞선 냉전 기간 중 주력전차는 '핵전쟁 상황에서는 어떠한 무기체계도 무력할 수 밖에 없다' 는 회의론이 확산되며 기술 개발이 늦춰졌으나 군은 핵전쟁이 아닌 재래식 전쟁에도 대비해야 하며, 그 핵심은 주력전차라는 주장이 설득력을 얻으면서 지상 전력의 중심으로 다시 자리매김하게 되며 이후 개발된 전차는 핵 상황에서도 임무수행이 가능하도록 화생방전(NBC) 대응능력을 갖추게 되었다. 또한 공중 전력의 발달과 비용이 적게 드는 헬기나 대전차 화기로 적의 전차를 파괴할 수 있다는 주장으로 전차 개발에 제동이 걸렸으나 '적 전차에 대한 최상의 대응력은 아군 전차' 라는 합리적인 전술 담론이 힘을 얻으면서 전차에 대한 관심이 회복되었다. 그러나 이라크전과 아프가니스탄전 이후 테러 단체에 의한 게릴라전 양상은 국지전에서의 전차의 대응능력 부족을 여실히 나타냈다. 도시나 농촌 지역에서 벌어지는 대전차 화기나 급조폭발물 등에 의한 공격은 육중한 크기의 전차가 적시에 대응하기에는 어려웠다. 이로 인해 현대의 전차는 대대적인 혁신이 불가피하게 되었고, 차세대 전차는 이러한 전술환경의 변화에 초점을 맞추고 있다(강인원 외, 2016).

제4장 연구 결과

제1절 자료 및 변수설명

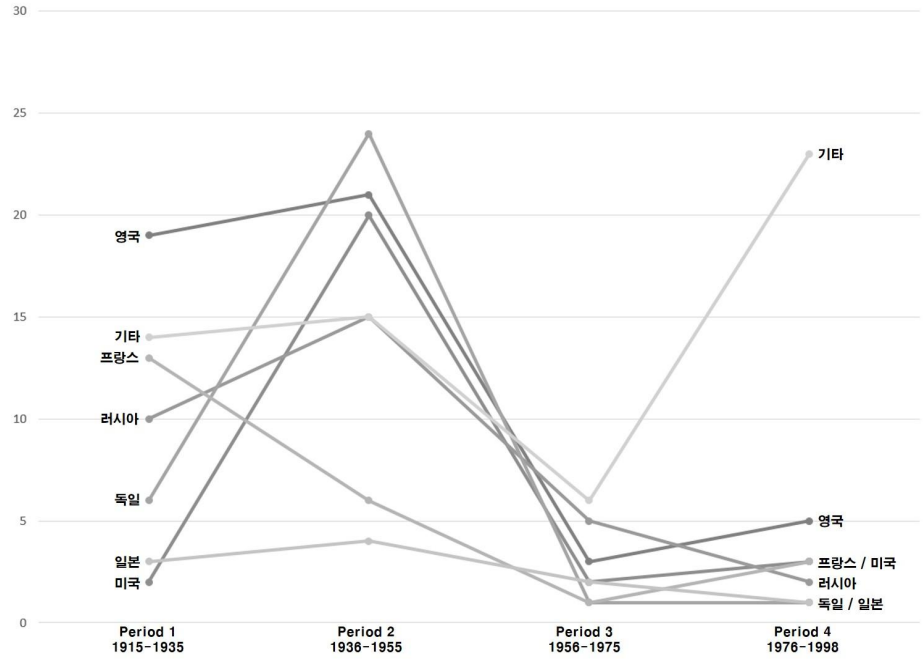
본 연구에서는 전차가 세계사에 처음 등장한 시기부터 현재까지 다루고 있다. 활용한 자료는 Castaldi et al.(2009)의 연구에서도 활용된 Hogg(2000)의 “Armoured Fighting Vehicles Data Book”에서 1915년부터 1998년까지 생산된 230대의 전차 스펙을 활용했다. 자료에 구체적으로 명시되지 않은 장갑의 특성과 생산년도는 JDDS(Jane’s Defense Data Service)를 조회하여 추가해서 수집된 자료 중 활용한 변수는 [표 1]과 같이 구성했다.

변수명	설명(단위)	변수명	설명(단위)
Weight	중량(톤)	Power	출력(hp)
Length	길이(m)	Speed	기동 속도(km/h) * 도로 기동속도
Main Armament	주포 구경(mm)	Range	작전 반경(km)
Engine	엔진 종류 * 휘발유,경유,다종,가스터빈	Armor	장갑의 특성 * 금속,복합,반응

[표 1] 변수 설명

변수 중 엔진과 장갑종류는 명목형 척도로 나타냈고, 이외의 변수들은 모두 수치로 표현되었다. 명목형 척도로 나타낸 변수 중 엔진은 휘발유(Gasoline)엔진, 경유(Diesel)엔진, 다종 연료(Multi-fuel)엔진, 가스 터빈(Gas turbine)엔진으로 구분했다.

대전차화기와 특수탄약의 발전으로 인해 전차 개발 국가는 주력 전차의 장갑 두께를 비밀로 관리하고 있기 때문에 본 연구에서는 장갑 두께가 아닌 장갑의 특성을 명목형 변수로 활용했다. 장갑은 가장 기본적인 형태인 금속, 장갑판 사이에 복합소재를 채워 넣은 복합장갑(Composite Armor), 장갑판 사이에 폭발물을 채워 넣어 대전차탄약의 폭발력을 감쇄시키는 효과를 달성하는 반응장갑(Reactive Armor)으로 구분했다.



[그림 6] 주요국의 시대별 전차 개발 현황

[그림 6]은 전차 주요 생산국의 전차 개발 현황을 20년 단위로 구분하여 보여주고 있다. 1차 세계대전(1914-1918)에 최초로 등장한 전차는 전쟁 종료 후 독일과 미국에 의해 다양한 형태

의 전차가 생산되어 2차 세계대전(1939-1945)을 거치면서 정점에 이른다. 종전 후 냉전기에 들어서며 국가별로 경(Light)전차, 중형(Medium)전차, 중(Heavy)전차 등 다양한 형태로 생산되던 전차가 주력전차(Main Battle Tank: MBT)라는 국가별로 하나의 플랫폼으로 통일되어 생산되었다. 냉전 종식 후 현대에 이르러서는 주요 전차 생산국 이외의 국가에서 자국의 기술로 전차를 생산하기 위한 노력을 거듭하고 있다.

제2절 방법론

1. 군집 분석(Cluster Analysis) : Ward 최소 분산기법

자료의 구조를 확인할 수 있는 수단으로 그 자료를 구성하고 있는 관측대상을 군집분석을 통해 어떠한 기준에 의해 분류해 볼 수 있다. 본 연구에서 활용한 군집분석 방법론은 유사성(Similarity)측정 방법으로 관측대상을 비슷한 것끼리 하나의 군집으로 만들어 전체를 몇 개의 군집(Cluster)으로 분할하는 방식이다(노형진, 2005). 군집 분석에서는 군집의 개수나 구조에 대한 가정 없이 주어진 다변량 자료로부터 거리 기준에 의한 군집화를 만들어낸다. 이를 바탕으로 다변량 자료를 적절한 군집으로 나누고, 각 군집의 특성과 군집간의 차이 등에 대한 탐색적 연구를 가능케 해준다. 본 연구에서는 제품을 군집화하여 유사한 제품들 간의 관계와 군집 간 차이를 분석하고, 이를 통해 변이-선택-전승의 양상을 파악하기 위해 군집분석을 활용했다.

군집분석은 비계층적 군집분석과 계층적 군집분석으로 구분되

는데 군집대상이 중복되거나 자료의 크기가 클 경우 비계층적 군집분석을 활용하고, 군집대상이 중복되지 않고 자료의 크기가 작을 경우 계층적 군집분석을 활용한다. 본 연구에서는 최초 n개의 군집으로부터 시작하여 점차 군집을 줄여나가는 계층적 군집 분석(Hierarchical Clustering Analysis)를 활용했고, 군집 분석의 과정은 [그림 7]과 같다.

a. 관측대상 상호의 유사성 계산 / 거리 행렬 생성

: 제곱 유클리디안 거리

$$(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$$

b. 유사성이 큰 쌍을 구하여 하나의 군집에 융합

c. 새로 만들어진 군집과 다른 군집과의 유사성 계산

d. (b)~(c) 단계를 반복하여 정보 출력

[그림 7] 군집분석 방법 (노형진, 2005)

군집화 방식에 따라 , 단일 결합법, 완전 결합법, 평균 결합법, Ward 최소 분산기법으로 구분된다. 최단 연결법은 군집 간의 거리를 계산할 때 최단거리를 기준으로 하는 방식이고, 최장 연결법은 반대로 최장거리를 기준으로 하는 방식이다. 평균결합법은 군집의 평균값으로 거리를 계산하는 방식이고, Ward 최소 분산기법은 두 군집에 속한 각 구성원이 평균으로부터 떨어진 정도를 기준으로 거리를 계산하는 방식으로 군집 간 정보 손실을 최소화

할 수 있다. 본 연구에서는 유사도가 높은 군집의 특성을 확인하고 제품 진화의 패턴을 확인하기 위해 Ward 최소 분산기법을 활용했다. Ward 최소 분산기법에서 거리를 계산할 때 제곱 유클리디안 거리를 사용하고 변수들의 단위가 다를 경우 표준화된 값을 사용한다.

2. 주성분 분석(Principle Component Analysis)

a. 자료 수집 및 표준화

b. 데이터의 차원별 평균값 계산, 각 변수에서 평균값을 뺌

c. 변환된 수치자료로 공분산행렬 계산

$$C_x = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})(X_i - \bar{X})^r$$

d. 공분산행렬의 고유벡터(eigenvector)와 고유값(eigenvalue) 계산

* 고유값 : 해당하는 고유벡터 방향으로 축을 변환했을 때 분산값

e. 고유값이 큰 순서대로 고유벡터를 선택하여 차원 축소하되 고유값이 1 이상인 차원만 선택 또는 누적기여율이 80% 이상인 차원만 선택 가능

f. 주성분 추출

[그림 8] 주성분 분석 방법 (Smith, 2002)

주성분 분석은 다양한 자료로부터 본질이 되는 합성된 소수의 변량을 추출하여 자료를 분석하는 것이다. 주성분 분석은 분산이 최대가 되도록 하는 합성변량을 찾아서 자료의 개성을 간파함으로써 다변량으로 이루어진 자료를 1~3개정도의 합성변량으로 이

루어진 주성분으로 추출해준다. 새롭게 추출된 변수들은 변수의 공통적인 특성과 고유한 특성 모두를 반영하게 되어 일반적으로 데이터를 줄이는 목적으로 활용된다. 주성분 분석의 계산은 [그림 8]과 같이 이뤄진다(Smith, 2002). 본 연구에서는 제품진화에서의 기술 궤적 양상을 확인하기 위해 주성분 분석을 활용했다.

제3절 분석 결과

1. 군집 분석결과

군집분석 결과로 나타난 계층도는 [그림 9~12]과 같이 나타났다. 유사도 4를 기준으로 구분했을 때 군집별로 뚜렷한 특성을 보여 4개의 군집으로 나누어 분석하여 [표 2]와 같은 결과를 확인했다.

	군집 1	군집 2	군집 3	군집 4
생산년도	1917~1954	1915~1961	1939~1998	1966~1998
중 량 (톤)	1.5~29.69 (20.9/13.8)	11~188 (21.9/14.4)	14.7~62.1 (32/31.5)	41.3~57 (43/45)
길 이 (m)	2.4~6.6 (5.48/5.3)	5.8~11.6 (5.6/5.4)	4.6~9.5 (6.3/6.54)	6.4~9.8 (7.1/6.9)
주포구경 (mm)	10~94 (50/45)	37~170 (52.4/47)	45~152 (79/90)	100~125 (112/117)
출 력 (hp)	31~500 (249/162)	90~1080 (263/165)	280~1500 (546/505)	750~1500 (895/830)
기동속도 (km/h)	4.83~80.5 (37.8/40.3)	5.9~72.5 (37.6/40.3)	43~75 (50/49)	48.3~75.7 (60.8/60.4)
작전반경 (km)	35.4~611 (181.7/169)	35.4~305 (185/169)	298~700 (337/293)	349~652 (517/499)

(평균값 / 중간값)

[표 2] 군집분석 결과표

1번 군집은 230대의 전차 중 121대로 경전차(Light Tank)위주의 군집이 형성되었다. 2번 군집은 51대로 중형전차(Medium

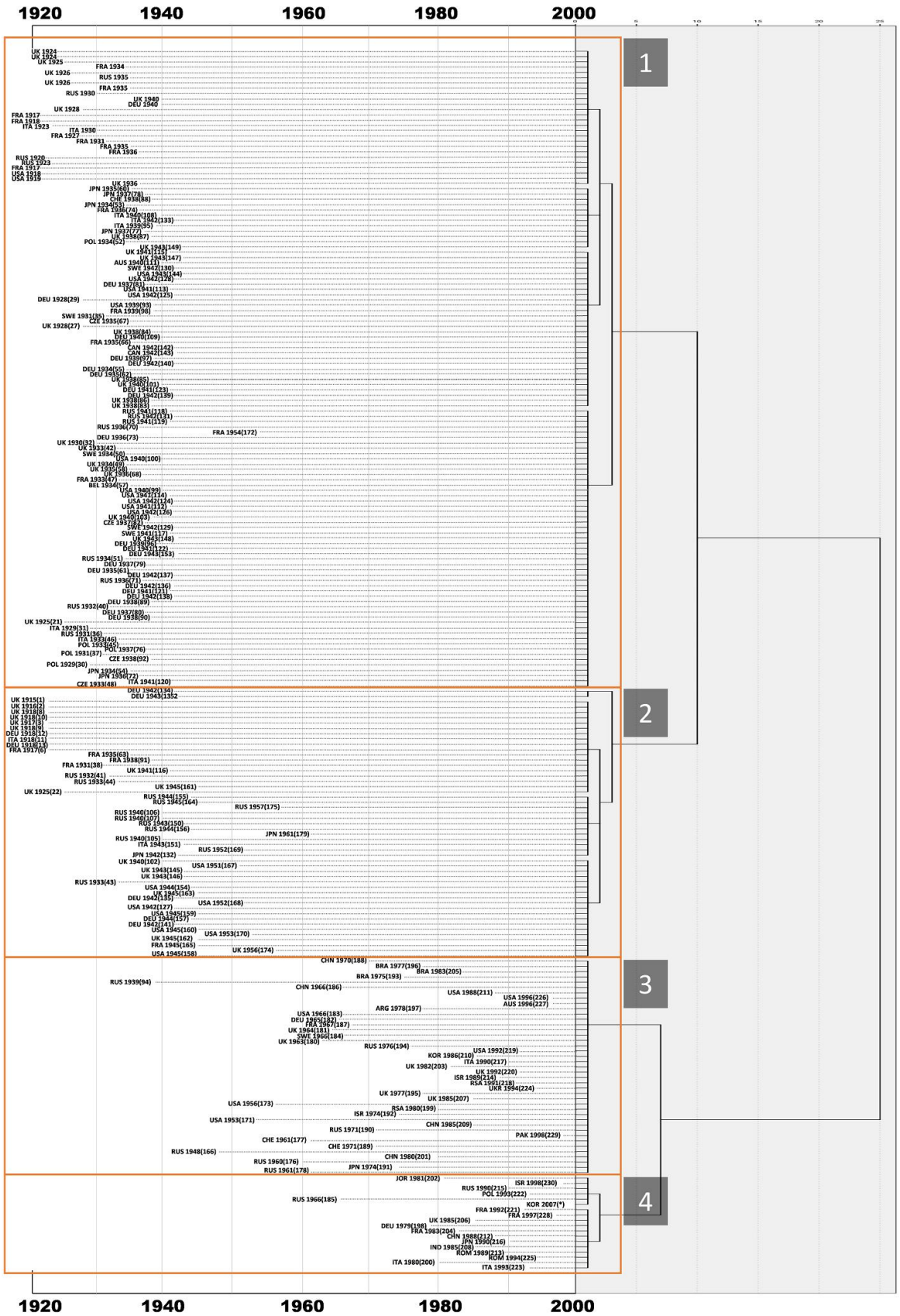
Tank)위주의 군집이 형성되었다. 3번 군집은 41대로 주력전차(Main Battle Tank)개념이 도입된 후 생산된 전차의 군집이 형성되었다. 4번 군집은 17대로 현대전차 위주로 군집이 형성되었다.

1번 군집은 1917~1954년 사이에 생산된 전차로 군집이 형성되었고, 상대적으로 가볍고 빠른 경전차가 주를 이루고 있다. 1번 군집에 속한 전차는 전차전 교리가 정착되기 이전의 보병 기동지원을 목적으로 하기 위해 생산된 전차로 확인되었으며 국가별로 구분되는 뚜렷한 특성은 확인되지 않았다.

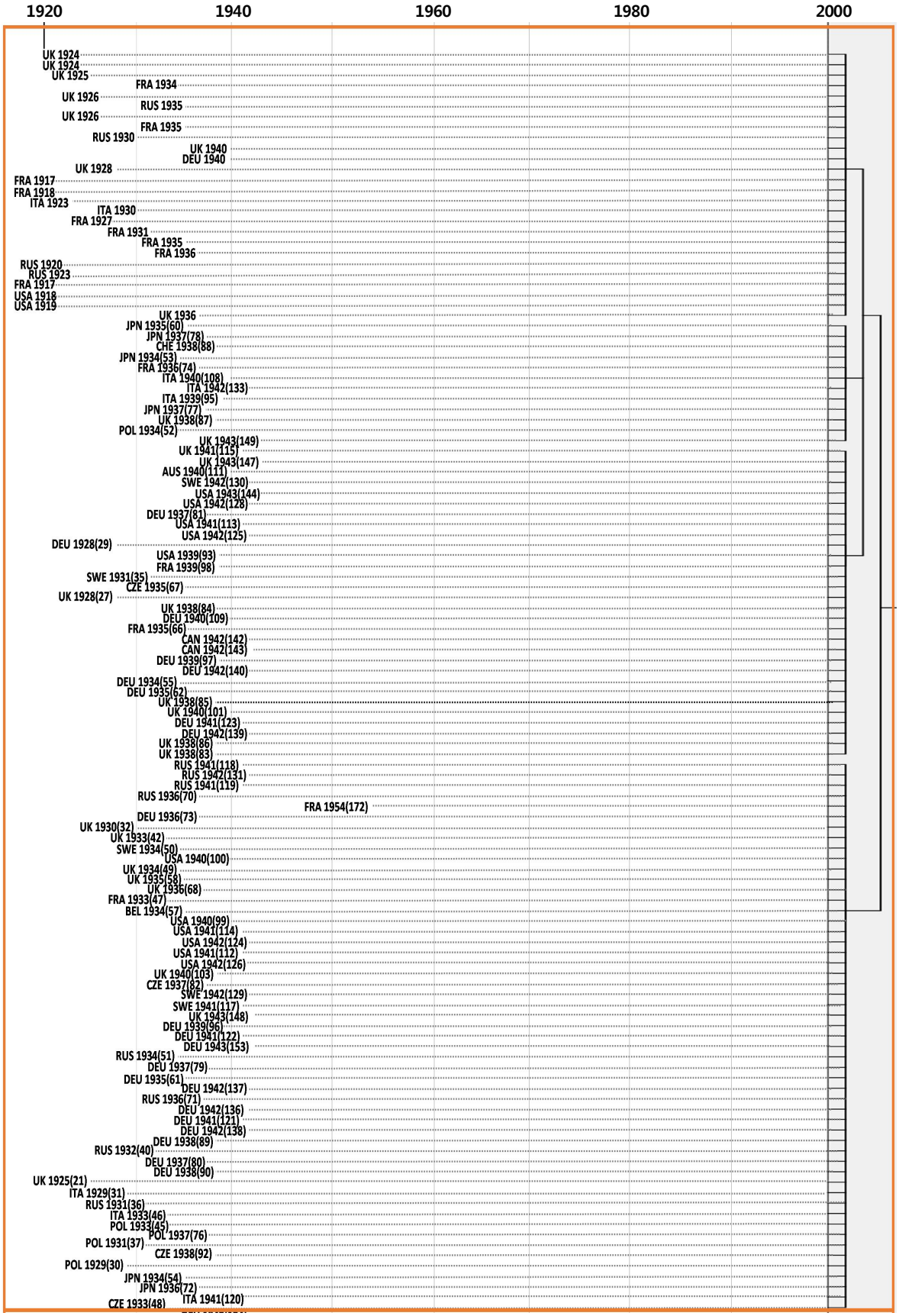
2번 군집은 1915~1961년 사이에 생산된 전차로 군집이 형성되었고, 중형전차(Medium Tank) 위주로 군집이 형성되었다. 2차 세계대전을 준비하고 치루는 과정에서 전차전 중심 교리가 발전되며 국가별로 기술 궤적이 상이하게 형성되었다. 러시아, 일본, 이탈리아 전차로 구성된 군집과 영국, 미국, 독일, 프랑스 전차로 구성된 군집으로 구분된 것을 확인할 수 있었다. 군집분석 결과로 나타난 1, 2번 군집에 속하는 전차는 172대로 230대 중 상당한 부분을 차지하고 있어 이 시기에 대부분의 전차들이 생산되었음을 알 수 있고 전차의 활용목적에 따라 다양한 종류(경전차, 중형전차, 중전차)로 개발되었다는 것을 확인할 수 있다. 제품진화 관점에서 시장의 요구에 부합하기 위해 다양한 형태의 제품이 발현되는 과정과 동일하게 전차라는 제품의 변이가 발생한 시기라고 볼 수 있고, 위 사례에서 중형전차는 변이의 과정에서 상이한 전술 교리를 지닌 국가들의 수요환경의 차이로 적응적 진화(Adaptive evolution)가 발생했다는 것을 확인했다.

3번 군집은 1939~1998년까지 생산된 전차로 군집이 형성되었고, 주력전차(Main Battle Tank) 개념이 도입된 후 개발된 전차의 군집으로 확인되었고 3번 군집은 다른 군집들과 달리 동일한 유사도에서 구분이 되며 소군집이 형성되지 않았다. 주력전차의 개념이 도입되며 지배적 디자인이 형성이 되었다는 것을 확인할 수 있다. 시장에서 선택을 받은 제품이 지배적 디자인으로 인정되며 표준화되어가는 과정을 보였으며 제품진화 과정 중 선택이 발생한 시기라고 볼 수 있다. 4번 군집은 1966~1998년 사이에 생산된 전차로 현재까지 활용되고 있는 현대전차로 군집이 형성되었다. 이전 시기까지 주로 전차를 생산하던 국가가 아닌 기타 국가들이 자국의 전차를 생산했다는 것이 확인되었다.

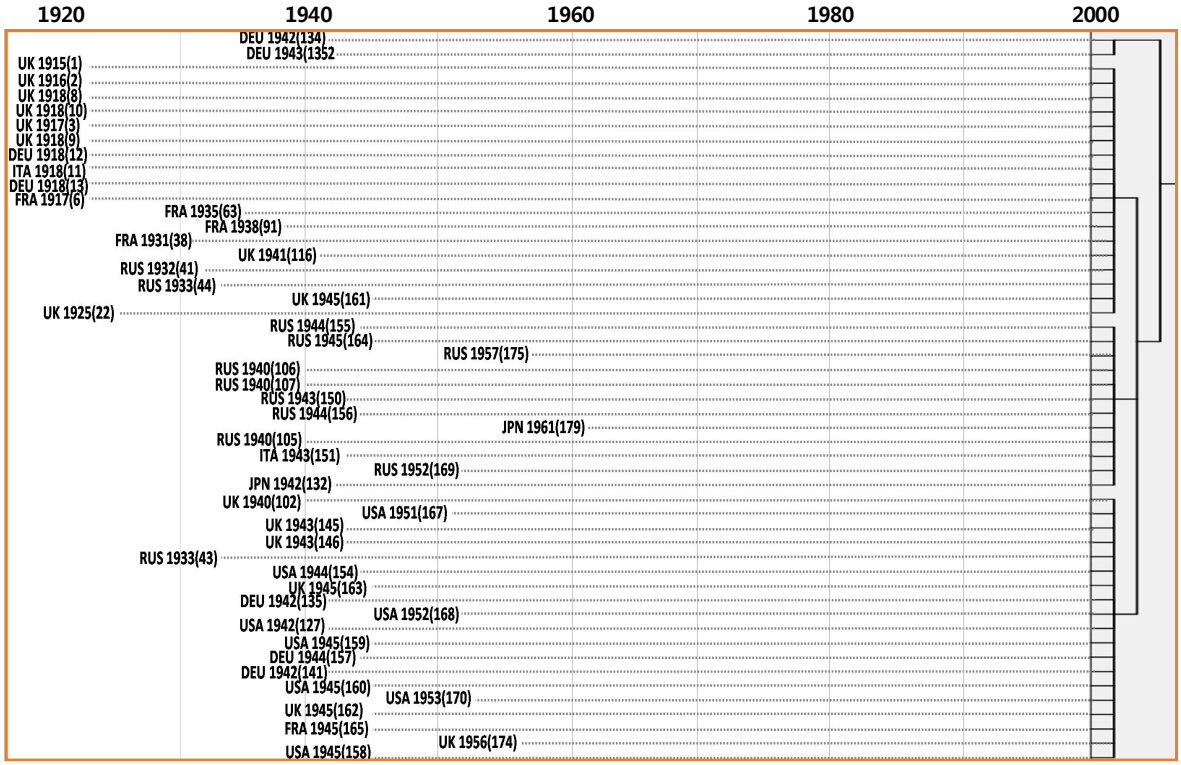
분석결과 3번 군집의 평균 생산년도인 1956년보다 17년 앞선 1939년에 개발된 러시아의 BT-IS 전차와 1948년에 생산된 러시아의 T-54 전차가 해당 군집에 속해 있었고, 현대전차로 구성된 4번 군집에 포함된 T-64 전차가 1966년에 생산되었다는 것이 확인되었다. 이를 통해 러시아 전차의 기술적 우수성을 유추할 수 있었고, 종심전투이론에 의해 대량 생산과 조작 및 정비 용이성을 높이는 방향으로 기술적 패러다임을 설정한 러시아 전차가 전차의 지배적 디자인을 형성하는데 어느 정도 영향을 주었다고 볼 수 있다.



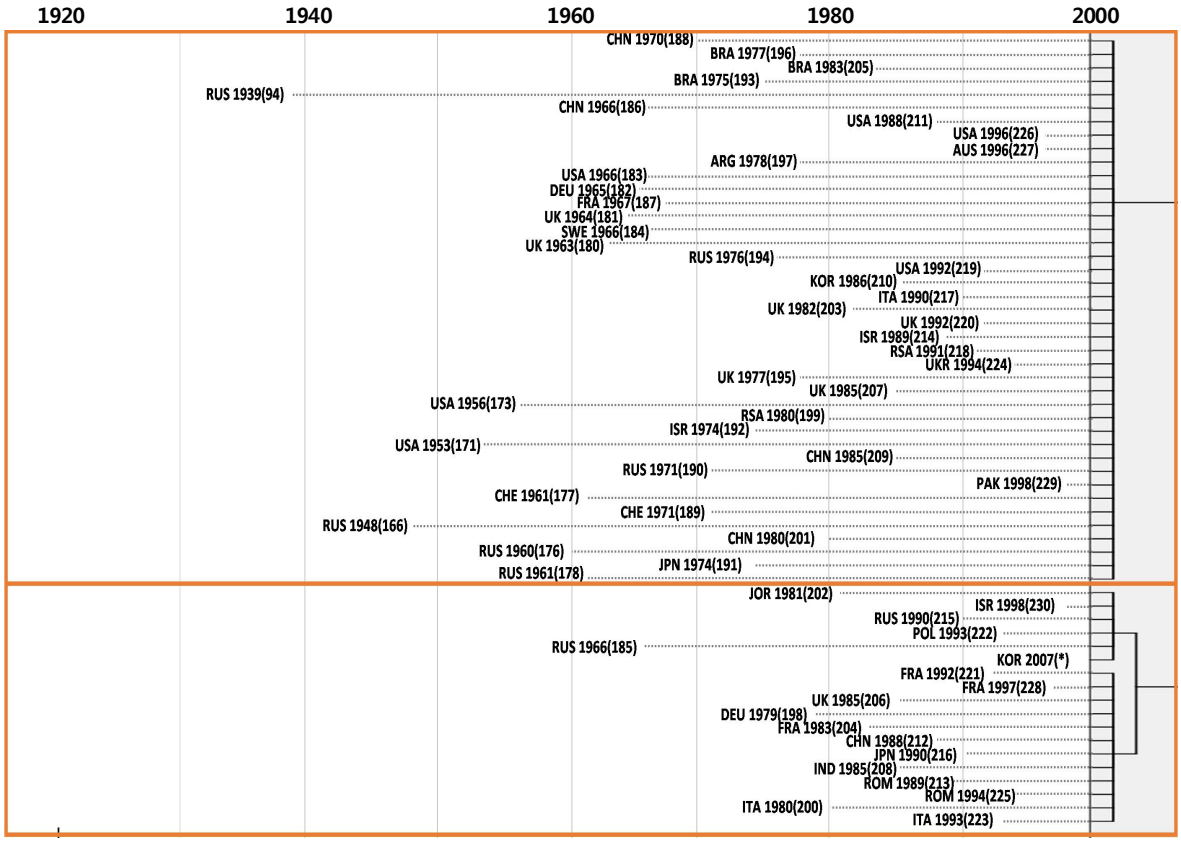
[그림 9] 전차 계층도 (전체)



[그림 10] 전차 계층도 (군집 1)



[그림 11] 전차 계층도 (군집 2)



[그림 12] 전차 계층도 (군집 3, 4)

2. 주성분 분석결과

[표 2]에서 수치로 표현되어 있는 6가지 변수들 중 주성분 분석을 통해 [표 3]과 같이 고유값(eigenvalue)이 1이상인 2개의 성분을 추출했다.

설명된 총분산

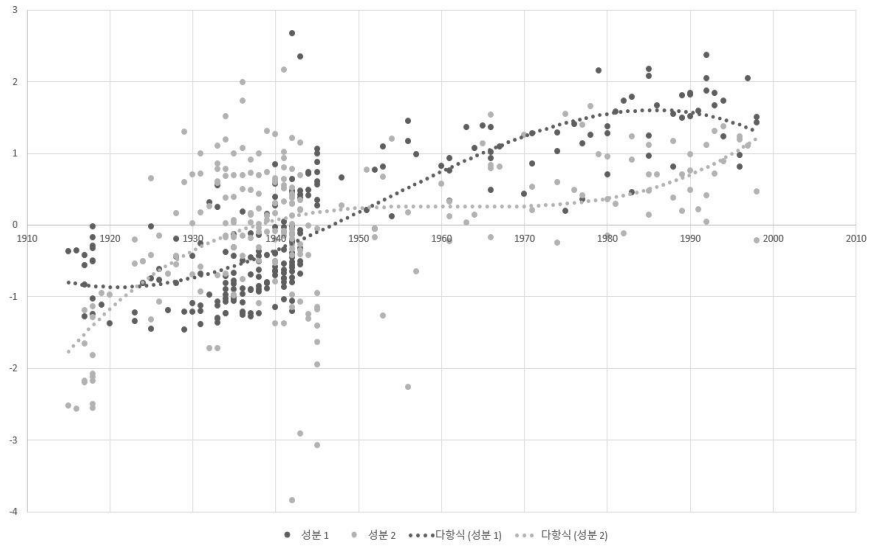
성분	초기 고유값		
	합계	% 분산	% 누적
1	**3.759**	**62.647**	**62.647**
2	**1.488**	**24.803**	**87.450**
3	0.281	4.678	92.128
4	0.206	3.435	95.563
5	0.152	2.530	98.093
6	0.114	1.907	100

성분행렬

변 수	성 분	
	1	2
중 량	**0.835**	**−0.418**
길 이	0.753	**−0.545**
주포구경	**0.923**	−0.143
출력	**0.942**	0.073
기동속도	0.506	**0.799**
작전반경	0.707	**0.594**

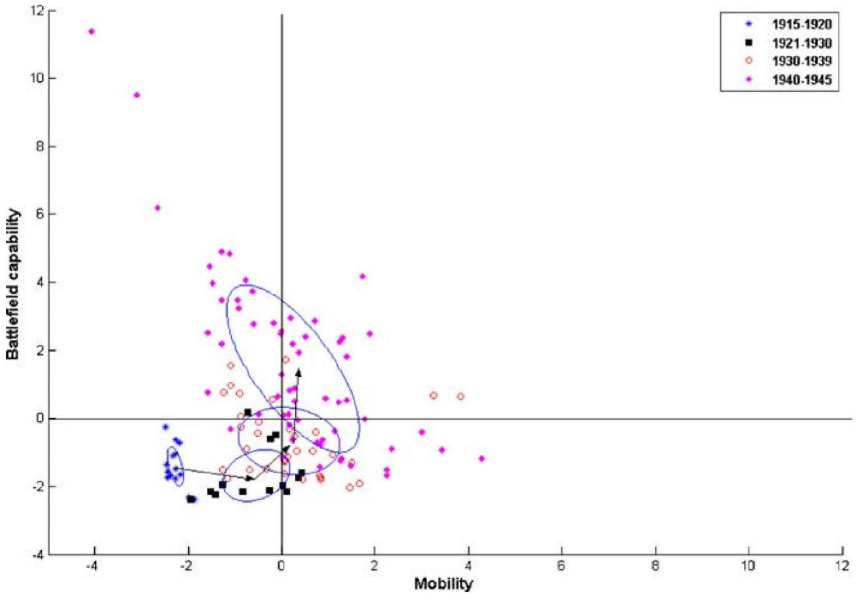
[표 3] 주성분 분석 결과

성분 1은 전차의 중량(0.835), 주포 구경(0.923), 출력(0.942)에서 높은 수준의 양(+)의 수치를 보여 화력과 방호력으로 대표되는 전장능력(Battlefield Capability)에 영향을 미치는 요인으로 확인되었다. 성분 2는 기동 속도(0.799), 작전 반경(0.594)에서 양(+)의 수치를 나타내고 중량(−0.418), 길이(−0.545)에서는 음(−)의 수치를 나타내고 있어 기동성에 영향을 미치는 요인으로 확인되었다. 구해진 성분행렬과 관측변량 표준화 값으로 주성분 점수를 구한 후 [그림 13]과 같이 산포도로 나타낸 후 3차 다항식으로 추세선을 그려 형성된 기술 궤적을 확인했다.



[그림 13] 성분별 산포도 (전체)

주력전차 개념이 도입된 1950년 이후 성분 1이 성분 2보다 커지며 전차의 전장능력 위주로 기술이 진보했다는 것을 알 수 있고, 1980년 이후에는 다시 기동성 위주로 전차 기술이 진보했다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 성분 1과 성분 2의 추세선의 기울기 방향이 서로 반대방향으로 나아가는 현상이 관측되어, 전장능력과 기동성의 trade-off 관계를 확인할 수 있었고, 1950년 이전에 형성된 기술궤적을 통해 Castaldi et al.(2009)의 연구결과[그림 14]를 다시 한번 입증했다.



[그림 14] The trajectory of tank technology 1915-1945 (Castaldi et al., 2009)

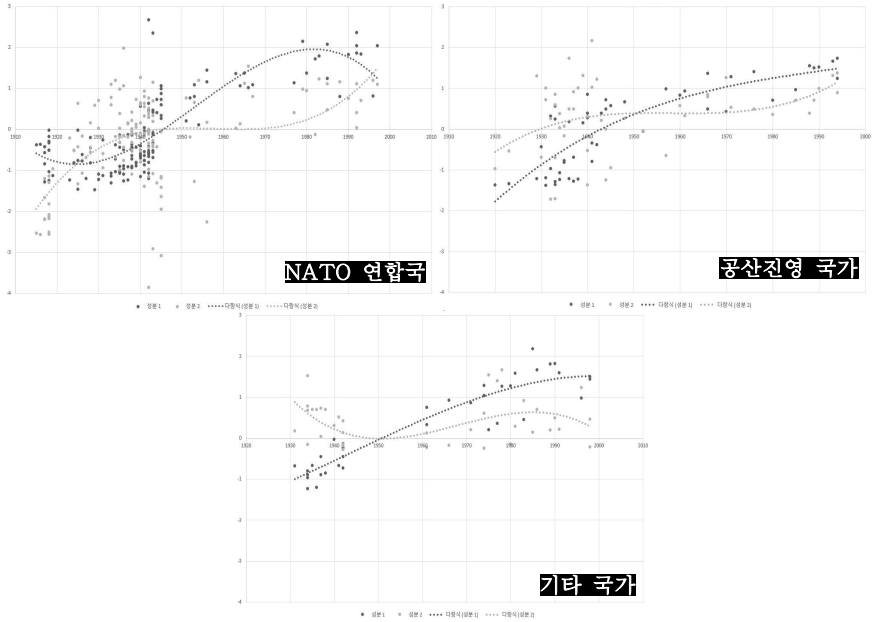
1980년 이후 성분 1의 추세선 기울기가 작아지는 추세를 보이게 된 원인 중 한 가지는 대전차 탄약의 발전으로 인한 것으로 보인다. 대전차 고폭탄, 열화우라늄 등 특수탄약의 개발로 전차의 화력을 높이기 위해 주포구경을 높일 필요가 없어졌고, 특수탄약으로부터 방호되기 위해 장갑의 두께를 늘리는 것은 효과가 없으므로 복합장갑 또는 반응장갑을 장착하는 방향으로 진화되었다. 반대로 기동성을 표현하는 성분 2의 추세선이 기울기가 높아진 원인을 합동작전 교리의 발전에서 야기되었다고 생각할 수 있다. 현대전에서 전차는 항공기와 합동작전을 수행하는데 성공적인 합동작전을 위해서는 종심 깊은 지역까지 신속하고 재보급 없이 기동을 해야 할 수 있어야 한다. 합동작전 교리의 발전으로 인해

전차의 기동성은 지속적으로 발전된 것으로 보인다. 주성분 분석 결과 전차의 기술궤적은 전장능력과 기동성 간에 발생하는 trade-off 관계가 확인되었고, 전차전 수행에 대한 전술교리가 작성되고 주력전차의 개념이 도입된 1950년 이후 전장능력을 중심으로 기술 진보가 발생했으나, 1980년을 지나면서 대전차 탄약의 발전과 합동작전이라는 작전적 목적을 충족하기 위해 설정된 작전요구성능(ROC)의 변화가 기술 궤적 형성에 영향을 주었다는 것을 확인할 수 있었다.

제품 진화과정에서 발생하는 사회경제적 환경변화가 기술궤적 형성에 어떤 영향을 미쳤는지 확인하기 위해 국가별로 산포도를 구분해서 나타냈다. 전차를 비롯한 무기체계는 전술 교리를 수립하는 군(軍)이 수요자가 되어 제품의 요구성능을 결정하게 되므로 전술 교리가 하나의 사회경제적 환경으로 작용하게 된다. Castaldi et al.(2009)의 기존 연구에서 1915~1945년까지의 기간 동안 전차의 기술 궤적형성에 군사적 커뮤니티가 영향을 끼쳤다는 사실을 확인한 바 있다.

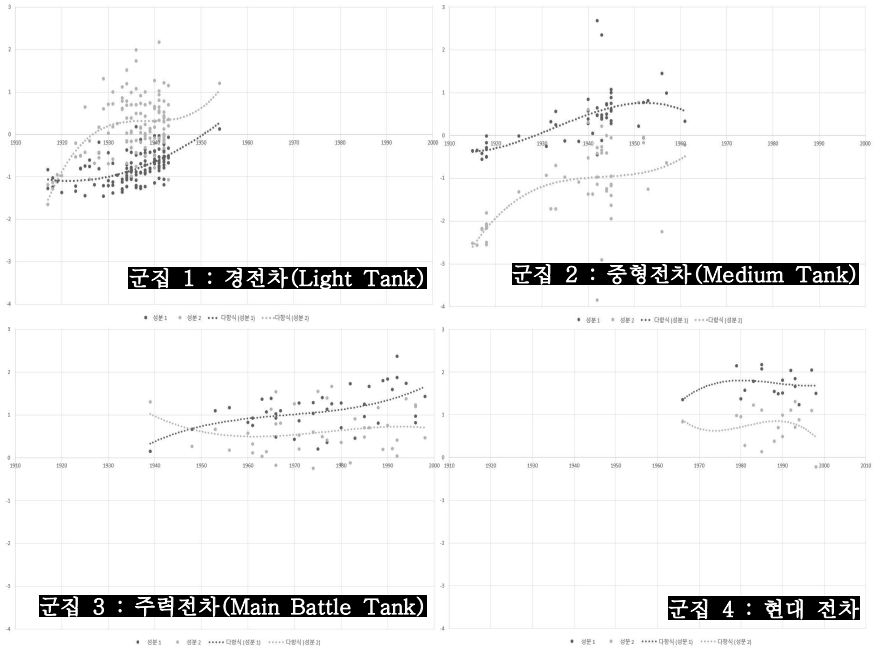
기계화전을 대표하는 전술 교리는 제3장에서 서술한 바와 같이 독일의 전격전 교리와 소련의 종심전투 이론이다. 2차 세계대전이 종전된 후 냉전시기에 돌입하며 NATO(북대서양 조약기구)로 대변되는 자유진영과 WP(바르샤바 조약기구)로 대표되는 공산진영으로 양분되었다. 독일의 전격전 교리를 발전시킨 NATO 연합국의 전차전 교리 수립에 영향을 미쳤고 소련의 종심전투 이론은 공산진영 국가의 전차전 교리 수립에 영향을 미쳤다. NATO 연합국에 속하는 대표적인 국가는 미국, 영국, 프랑

스, 이탈리아, 서독이 있었고, 공산진영 국가로는 러시아, 폴란드, 체코, 루마니아, 동독, 중국 등이 있었다.



[그림 15] 성분별 산포도 (국가별)

국가별로 구분해서 산포도를 그려본 결과 [그림 15]와 같이 서구권 국가로 구분되는 NATO 연합국과 공산진영 국가 전차의 기술궤적이 상이하게 형성된 것을 확인했다. NATO 연합국의 주력전차는 전장능력에 중점을 두고 개발되었으나 1980년대에 들어서면서 전장능력을 크게 줄이면서 기동성을 중점에 두고 개발되는 추세를 보였다. 공산진영의 주력전차는 상대적으로 일정한 궤적을 형성했고, 전장능력을 유지함과 동시에 기동성을 높이는 방향으로 진화하는 궤적을 보였다. 또한 공산진영의 주력전차가 기술 간의 trade-off의 영향을 상대적으로 적게 받으며 진화한 것을 확인할 수 있었다.



[그림 16] 성분별 산포도 (군집별)

군집분석 결과 구분된 군집별 기술 궤적의 특성을 확인하기 위해 4개의 군집에 속하는 전차의 주성분 점수로 [그림 16]과 같이 산포도를 그렸다. 군집 1은 경전차 위주 군집으로 초기에는 기동성 위주로 기술 진보가 관측되었으나 후기에는 전장능력의 진보도 확인되었다. 군집 2는 중형전차로 전차전에서 상대적 우위를 점하기 위해 전장능력 위주로 기술 진보가 관측되었다. 군집 3은 주력전차로 군집 1, 2에 비해 우수한 성능을 지니고 있고, 일반적인 추세와 동일하게 전장능력에서 높은 수준의 진보가 확인되었다. 그러나 케이스별로 추세선와 반대로 기동성이 높은 전차도 함께 관측되었다. 군집 4는 현대 전차로 두 가지 성능 모두 향상되었고 특히 모든 케이스에서 전장능력에 해당되는 주성

분 점수가 기동성에 해당되는 주성분 점수보다 높게 책정되었다. 현대전차는 Anderson & Tushman(1991)이 주장한 기술변화의 순환 모형 중 선택된 기술이 보존되고, 정교화 되는 점진적 변화기(Incremental change)에 해당 되는 것으로 유추할 수 있다.

제5장 결 론

제1절 요약 및 시사점

본 연구는 군집 분석과 주성분 분석을 활용해 전차의 진화 사례를 확인했고, 이를 통해 제품진화 이론과 기술 궤적 이론을 귀납적인 방법으로 입증했다.

군집 분석결과를 보면 1960년대까지는 다양한 형태의 전차가 개발되었으나 주력전차라는 지배적 디자인이 형성된 이후부터는 통일된 플랫폼으로 개발되었다는 사실을 확인할 수 있었고, 전차전 수행에 중심이 되었던 중형전차(Medium Tank)는 국가별로 상이한 전술 교리의 영향으로 서로 다른 군집을 형성했음을 확인할 수 있었다. 이를 통해 군(軍)이라는 수요자의 패러다임에 의해 기술발전이 촉진되는 무기체계는 다른 제품들에 비해 사회경제적 환경의 영향을 보다 많이 받게 되고 제품 진화 측면에서 적응적 진화로서 새로운 변이가 발생할 수 있다는 사실을 발견했다.

주성분 분석결과를 살펴보면 전차의 전장능력과 기동성은 지속적으로 trade-off를 발생시키며 기술궤적을 형성했다는 것을 확인했고, 대전차 탄약기술이 전차의 전장능력과 관련한 기술 궤적

형성에 영향을 미친 하나의 요소기술로 작용했다고 생각해볼 수 있다. 또한 전술 교리가 기술 궤적 형성에 미친 영향을 확인하기 위해 국가별 산포도를 그려본 결과 서로 다른 전술 교리를 지닌 국가들의 기술 궤적이 상이하게 형성된 것을 확인할 수 있었고, 공산진영의 전차가 상대적으로 낮은 수준의 trade-off를 발생시키며 기술 진보를 이뤘다는 것이 확인되었다. 마지막으로 군집별로 형성된 기술 궤적을 분석하기 위해 군집별 산포도를 그려본 결과, 전차 기술은 기술적 성숙기에 도달했다는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구의 시사점은 다음과 같다. Castaldi et al.(2009)의 연구에서 다뤄지지 않은 1945년 이후로 형성된 전차를 포함해서 기술 궤적을 확인한 결과, 전차의 진화과정에 전술 교리의 영향이 크게 작용했다는 결과를 공유하였으나 전차 기술의 발전이 지역과 전술 교리의 차이에도 불구하고 유사한 궤적으로 형성되었다는 기존 연구의 결과와는 다르게 1945년 이후의 전차는 전술 교리에 의해 서로 다르게 진화되었다는 결과를 얻었다. 또한 기존 연구에서 보다 범위를 확장해 주력전차가 지배적 디자인으로 받아들여지며 제품 진화과정을 따른다는 사실을 입증했고, 전차의 기술 궤적을 통해 대전차 탄약이라는 요소기술의 발전이 전차의 진화과정에 영향을 미쳤고, 전차 기술은 기술적 성숙기에 도달했다는 것을 확인할 수 있었다.

이러한 연구결과들로부터 정책적 함의를 도출해보면 다음과 같다. 첫째, 무기체계 획득과 관련된 국방정책 수립 시 과학과 기술의 상호작용을 바탕으로 한 기술의 연속적인 진화라는 틀에서 정

책에 대한 논의가 이뤄져야 한다. 둘째, 무기체계는 군(軍)이라는 수요자 중심으로 기술 진화가 촉진되고, 전술 교리가 하나의 사회경제적 환경으로 제품 진화에 적용되므로 무기체계 개발을 위한 작전요구성능(ROC) 설정 시 진화적 관점에서 보다 신중하게 결정되어야 한다. 셋째, 전차는 기술적 성숙기에 도달했다고 보이므로 다음 세대의 전차는 큰 폭의 기술적 도약이 예상된다. 실제로 미국에서 개발 중인 무인전차 등의 기술 진보는 전차의 제품 진화 과정에서 확인되지 않은 기술 패러다임의 전환으로 보인다. 따라서 차세대 전차 기술 획득은 보다 진보된 방향으로 사업관리가 이뤄져야 한다.

제2절 한계점 및 향후 연구방향

본 연구의 자료를 수집하는데 있어 각 전차의 생산대수를 포함할 수 있었다면, 대량생산 중심의 패러다임을 지닌 러시아 전차가 지배적 디자인 형성에 미친 영향을 분석하는데 도움이 되었을 것이다. 또한 엔진특성, 현수장치의 종류 등 전차의 여러 가지 기술 특성을 포함했다면 좀 더 구체적인 군집분석이 가능했을 것으로 판단된다.

따라서 향후 연구에서는 전차의 개발대수 뿐만 아니라 생산대수에 대한 자료를 획득하여 제품진화 연구를 한다면 보다 많은 함의를 도출할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 보다 다양한 전차의 기술 특성을 포함해서 군집 분석을 해본다면 더욱 구체적으로 전차의 군집형태를 확인할 수 있을 것이라 생각된다.

참 고 문 헌

강인원, 홍준석, 노희명. (2016). *2014~2016 세계 주력전차 획득 동향*. 대전 : 국방기술품질원

김성진, 정의영, 김성진 & 윤정섭. (2014). *제품 진화 예측 모형을 이용한 사례연구*. 서울 : 한국과학기술기획평가원

노형진. (2005). *Excel 및 SPSS 를 활용한 다변량분석 이론과 실제*. 서울: 형설출판사.

도응조. (2002). *기계화전*. 서울: 연경문화사

이정동, 정의영, 김성진 & 윤정섭. (2017). 진화경제학의 시각으로 바라본 인공물 진화의 논리. *인공물의 진화* (pp. 318-341). 서울 : 서울대학교 출판부.

Abernathy, W. J., & Utterback, J. M. (1978). Patterns of industrial innovation. *Technology Review, 80*(7), 40-47.

Adner, R., & Levinthal, D. (2001). Demand heterogeneity and technology evolution: implications for product and process innovation. *Management Science, 47*(5), 611-628.

Anderson, P., & Tushman, M. L. (1991). Managing through cycles of technological change. *Research-Technology Management, 34*(3), 26-31.

Bassalla, G. (1988). *기술의 진화(The Evolution of Technology)*. 김동광 옮김. 서울 : 도서출판 까치.

Bonaccorsi, A., & Giuri, P. (2000). When shakeout doesn't

occur: the evolution of the turboprop engine industry. *Research Policy, 29*(7), 847-870.

Bunge, M. (1966). Technology as applied science. *Technology and Culture, 7*(3), 329-347.

Castaldi, C., Fontana, R., & Nuvolari, A. (2009). 'Chariots of fire' : the evolution of tank technology, 1915-1945. *Journal of Evolutionary Economics, 19*(4), 545-566.

Chandy, R. K. & Tellis, G. J. (1998). Organizing for radical product innovation: the overlooked role of willingness to cannibalize. *Journal of Marketing Research, 35*(4), 474-487.

Christensen, C. (1997). *The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail.* Boston, MA : Harvard Business Press.

Constant, E. W. (1980). *The origins of the turbojet revolution (No. 5)*. London, UK : Johns Hopkins Univ Pr.

Dawkins, R. (1983). *Universal Darwinism, in Bendall, D.S.(ed.), Evolution from Molecules to Man,* Cambridge, UK : Cambridge University Press.

Dosi, G. & Nelson, R. R. (2010). Technical change and industrial dynamics as evolutionary processes. *Handbook of the Economics of Innovation, 1*, 51-127.

Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the

determinants and directions of technical change. *Research Policy, 11*(3), 147-162.

Dosi, G. (1988). Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation. *Journal of Economic Literature*, 1120-1171.

Feibleman, J. K. (1966). Technology as skills. *Technology and Culture, 7*(3), 318-328.

Fleck, J. (2000). Artefact↔activity: the coevolution of artefacts, knowledge and organization in technological innovation. *Technological Innovation as an Evolutionary Process* (pp. 248-266). Cambridge, UK : Cambridge University Press.

Jan-Ruth, Mills. (2013). *Tanks. Encyclopedia of Military Science.* Los Angeles, CA : Sage Publications.

Kuhn, T. S. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions,* 2nd enl. ed. Chicago, IL : University of Chicago Press.

Macksey, K. (1988). *Tank Versus Tank: The Illustrated Story of Armored Battlefield Conflict in the Twentieth Century.* Salem, MA : Salem House Pub.

MacPherson, W. G., Leishman, W. B., & CUMMINS, S. L. (1923). History of the Great War, based on Official Documents. Medical Services-Pathology. *History of the Great War, based on Official Documents.* Lincoln, UK : Medical Services-Pathology.

Malerba, F., Nelson, R., Orsenigo, L., & Winter, S. (1999). 'History-friendly' models of industry evolution: the computer industry. *Industrial and Corporate Change, 8*(1), 3-40.

Oslo Manual (2005). The measurement of scientific and technological activities. *Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data.*

Peine, A. (2008). Technological paradigms and complex technical systems—the case of smart homes. *Research Policy, 37*(3), 508-529.

Savtotti, P. P. & Trickett, A. (1992). The evolution of helicopter technology, 1940-1986. *Economics of Innovation and New Technology, 2*(2), 111-130.

Schmookler, J. (1966). *Invention and economic growth.* Boston, MA : Harvard University Press

Sedlar, J. W. (2013). *East Central Europe in the Middle Ages*. Seattle, WA : University of Washington Press.

Smith, L. I. (2002). *A tutorial on principal components analysis.* Ithaca, NY : Cornell University.

Sood, A. & Tellis, G. J. (2005). Technological evolution and radical innovation. *Journal of Marketing,* 69(3), 152-168.

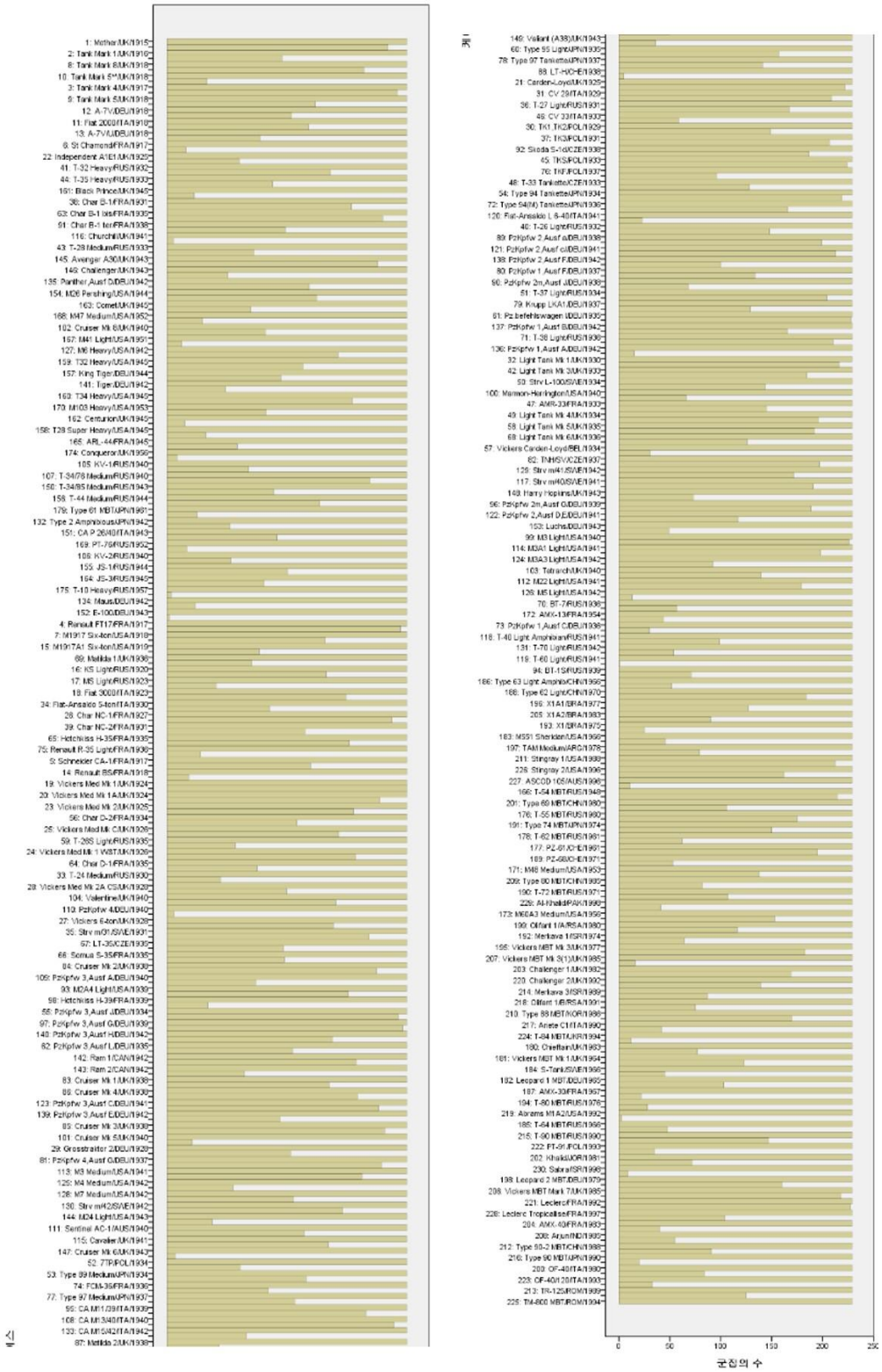
Swann, G. P. (2001). The demand for distinction and the evolution of the prestige car. *Journal of Evolutionary Economics, 11,* 59-75

Tripsas, M. (2008). Customer preference discontinuities: A trigger for radical technological change. *Managerial and Decision Economics, 29*(2-3), 79-97.

Zaloga, S. J. & Loop, J.W. (1987). *Soviet tanks and combat vehicles 1946 to the present.* New York, NY : Arms & Armour Press.

Ziman, J. (2000). Evolutionary models for technological change. Ziman, J. (ed.), *Technological innovation as an evolutionary process,* (pp. 3-12). Cambridge, UK : Cambridge University Press

[부록 1] 군집분석 출력결과 : 군집화 고드름 도표



[부록 2] 주성분 분석 출력결과

공통성

	초기	추출
Weight(t)	1.000	.872
Length(m)	1.000	.864
Main(mm)	1.000	.872
Power(HP)	1.000	.893
Speed(km/h)	1.000	.893
Range(km)	1.000	.852

추출 방법: 주성분 분석.

성분행렬[a]

	성분	
	1	2
Weight(t)	.835	-.418
Length(m)	.753	-.545
Main(mm)	.923	-.143
Power(HP)	.942	.073
Speed(km/h)	.506	.799
Range(km)	.707	.594

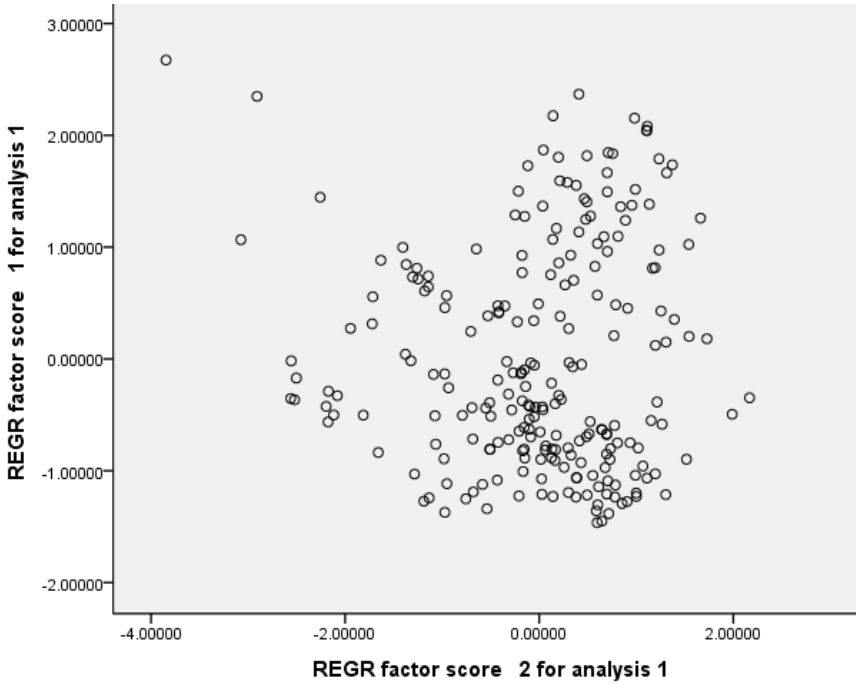
요인추출 방법: 주성분 분석.

a. 추출된 2 성분

설명된 총분산

성분	초기 고유값			추출 제곱합 적재값		
	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적
1	3.759	62.647	62.647	3.759	62.647	62.647
2	1.488	24.803	87.450	1.488	24.803	87.450
3	.281	4.678	92.128			
4	.206	3.435	95.563			
5	.152	2.530	98.093			
6	.114	1.907	100.000			

추출 방법: 주성분 분석.



Abstract

This paper aims to identify empirically product evoluion and technological trajectory theory. Products evolve to adapt to market conditions in a manner similarly to biological evolution and form a constant trajectory by the influence of technological paradigm. This study confirms product evolution and technological trajectory theory in case of tank which is the core power of the army.

Based on the case study of tanks, it can derive that tanks have evolved into a common pattern of product evolution (Mutation, Selection and Retention) and find out main battle tank concept caused tank' s dominant design. In addition, military tactics doctrine was applied as a technological paradigm in the evolution of tank and formed different technological trajectories.

A general wisdom that product evolution derived by discontinuous evolution as a result of scientific progress is not real. Product evolution is generated by interaction between science, technology and social element. In this case study of tank, it can prove that product evolution process follow continuous trajectory in technological advance and derive policy implications for the weapon system acquisition policy.

Keywords:
Product evolution, Technological trajectory,
Cluster analysis, Principle component analysis
Student Number : 2016-21146